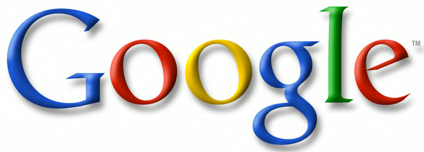
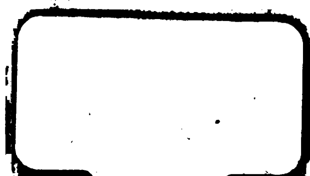



NYPL RESEARCH LIBRARIES
3 3433 06274454 9



ANNALES

TÉLÉGRAPHIQUES

ANNALES

TÉLÉGRAPHIQUES

Paris. — Imprimerie Arnous de Rivière, rue Racine, 26.

ANNALES
TÉLÉGRAPHIQUES

TROISIÈME SÉRIE

TOME IV

Année 1877

PARIS

DUNOD, ÉDITEUR,

SUCCESSEUR DE Vve DALMONT

LIBRAIRE DES CORPS NATIONAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES, DES MINES ET DES TÉLÉGRAPHES

Quai des Augustins, 49

1877



ANNALES

TÉLÉGRAPHIQUES

Année 1877 **Janvier-Février**

REVUE

DES APPAREILS ÉLECTRIQUES

EMPLOYÉS

DANS L'EXPLOITATION DES CHEMINS DE FER FRANÇAIS

(3e article) (*).

Planches I, II et III.)

Appareils de secours. — Quelque soin qu'on apporte à l'entretien de la voie et du matériel roulant, quelque prévoyantes que soient les mesures prises par le service de l'exploitation, il peut arriver qu'un train tombe en détresse pendant son trajet d'une gare à l'autre.

Il est donc utile de préparer à l'avance les moyens qui, en pareil cas, doivent permettre aux chefs de train de signaler télégraphiquement les accidents survenus, afin qu'on puisse envoyer immédiatement du dépôt le plus voisin des secours appropriés, et prendre les dispo-

(*) Voir les numéros de Mars-Avril 1875 et de Mai-Juin 1876.

sitions nécessaires pour rétablir rapidement la régularité de la circulation ; tel est le but des appareils de secours. Ces appareils peuvent se classer en deux catégories : en appareils mobiles qui sont emportés par les trains, et en appareils fixes qui sont disséminés dans des postes échelonnés le long de la voie : dans les deux cas, ils consistent en un système à cadran qui permet de communiquer avec le dépôt le plus rapproché, ou tout au moins avec une gare voisine.

Appareils mobiles. — Sur le réseau du Midi, où l'on emploie des appareils mobiles, le système comprend un manipulateur, un récepteur, un galvanomètre et deux poulies sur lesquelles sont enroulés les deux fils qui doivent se relier l'un à la ligne, l'autre à la terre : tous ces objets sont installés dans une boîte qui constitue un poste télégraphique sans pile, parce que le poste du dépôt avec lequel on se met en communication est organisé à courant continu (Pl. I, *fig.* 1).

La boîte est complétée par un petit coin en fer avec vis de pression, qui peut être enfoncé entre deux rails pour donner une communication avec la terre, et par une canne métallique à rallonges munie, à son extrémité, d'un crochet à ressort qui permet de se relier au fil de la ligne.

Pour que les chefs de train n'aient jamais d'hésitation dans le choix du fil affecté aux demandes de secours, qu'ils soient toujours certains de communiquer avec le dépôt le plus rapproché et qu'on puisse vérifier tous les jours l'état du fil, la compagnie a adopté les dispositions suivantes :

Elle a placé partout le fil de secours le troisième à partir du haut, parmi les fils affectés à son service.

Elle l'a coupé uniformément au milieu de l'intervalle

qui sépare deux dépôts consécutifs, et a introduit ses extrémités dans une maison de garde munie d'une boîte d'appareils qui permet à l'agent de vérifier chaque jour, à une heure déterminée, l'état des communications. Dès qu'il a terminé cette vérification, l'agent isole les deux extrémités du fil.

Lorsqu'un train tombe en détresse, le chef de train retire la boîte d'appareils du fourgon, la met par terre à proximité de la ligne, fixe au fil de la poulie de droite le coin de fer qu'il introduit de force entre deux rails, et relie le fil de la poulie de gauche à la canne qu'il développe et accroche au fil de secours.

Il ferme ainsi le circuit du poste télégraphique du dépôt le plus rapproché en y intercalant son appareil, et fait tinter par suite la sonnerie de ce poste jusqu'à l'arrivée de l'agent qui reçoit la dépêche du chef de train en la forme accoutumée.

Les principaux inconvénients que présente ce système consistent :

1° Dans l'immobilisation sur tout le réseau d'un fil qui ne peut être affecté qu'à des demandes de secours fort rares ;

2° Dans l'usure assez rapide des appareils, causés par les trépidations continuelles auxquelles ils sont soumis pendant la marche des trains (*) ;

3° Enfin, dans la possibilité de voir ces appareils mis hors de service par un déraillement ou une collision, c'est-à-dire au moment même où ils devraient être utilisés.

Appareils fixes. — En raison de ces inconvénients,

(*) Sur le réseau du Midi, on estime à 66 p. 100 la régularité de marche de ces appareils.

lorsque les autres compagnies ont organisé un système de demandes de secours, elles ont employé de préférence des appareils fixes, disséminés dans des postes échelonnés le long de la voie.

Sur le réseau du Nord, le seul où le système soit généralisé, on a placé dans des maisons de garde espacées de 4 kilomètres au plus, un poste télégraphique complet : manipulateur et récepteur renfermés dans une boîte, et pile d'intensité convenable : à la boîte d'appareils aboutissent les deux extrémités du fil qui sert à l'échange de la correspondance ordinaire entre les deux dépôts voisins (Pl. I, *fig.* 2).

Ce fil pénètre donc dans chacune des maisons de garde munies d'un poste de secours et aboutit aux deux manettes du manipulateur à cadran qui, en temps ordinaire, sont placées sur communication directe ; de manière qu'alors le fil est continu d'un dépôt à l'autre, et que ces dépôts peuvent correspondre sans aucune difficulté.

Lorsqu'un train tombe en détresse, le conducteur le couvre conformément aux prescriptions réglementaires, puis il se rend au poste de secours le plus rapproché, dont la direction lui est indiquée par des flèches fixées sur les poteaux télégraphiques.

Lorsqu'il est arrivé à ce poste qui est distant de 2 kilomètres au plus et qui porte à l'extérieur l'indication *Télégraphe*, il libelle sa dépêche, ouvre la boîte qui contient l'appareil et qui lui indique le dépôt avec lequel il doit correspondre, se met en communication avec ce poste et lui transmet sa dépêche.

Après avoir reçu la réception réglementaire, il remet les manettes du manipulateur sur communication directe, ferme la boîte et se retire.

On comprend combien il importe qu'après la transmission de la dépêche, la communication directe soit rétablie entre les deux dépôts; aussi, pour remédier à un oubli possible du chef de train, on a placé à l'intérieur du couvercle de la boîte, deux saillies métalliques qui, lorsqu'on ferme la boîte, viennent pousser les manettes du manipulateur et les maintenir sur les contacts de communication directe. Grâce à cette disposition très-simple, lors même que le chef de train omettrait de rétablir la communication entre les deux dépôts, la fermeture de la boîte, à laquelle procéderait cet agent ou tout au moins le garde chez qui elle est placée, y pourvoirait automatiquement.

Mise en communication des divers véhicules d'un train.

Dès l'établissement des premières voies ferrées, par conséquent bien avant qu'on pût indiquer comment on arriverait à une solution pratique, on considérait l'établissement d'une communication entre les véhicules du train en marche, comme d'un intérêt majeur pour la sécurité de l'exploitation; l'ordonnance royale du 15 novembre 1846, portant règlement général pour les chemins de fer, spécifiait en effet (titre III, art. 23) que les conducteurs garde-freins devraient être mis en communication avec le mécanicien par tel système qui serait autorisé par le ministre des travaux publics sur la proposition de chaque compagnie, pour donner en cas d'accident le signal d'alarme.

Mais il était alors et il fut pendant longtemps encore impossible de faire appliquer cette prescription parce que, comme le témoigne le résultat négatif de l'enquête faite en 1853 en Angleterre et en France, on ne connais-

sait aucun moyen pratique de réaliser cette communication. Les signaux acoustiques qu'on cherchait à utiliser étaient impuissants à se faire entendre régulièrement de l'arrière à l'avant du train, et l'on en était réduit au système très-incommode et extrêmement imparfait de cordes glissant dans des supports fixés à la partie supérieure des wagons ou fourgons; aussi se bornait-on généralement à relier ainsi à la locomotive le fourgon de tête où se tient le chef de train.

En 1852 M. Herman, ingénieur en chef de la compagnie d'Orléans, avait bien proposé une solution électrique de la question; mais son projet n'avait pas été adopté : ce n'est que onze ans plus tard que M. Prudhomme, constructeur d'appareils électriques à Paris, présenta à la compagnie du Nord son système basé, comme celui de M. Herman, sur l'action des courants.

Grâce à l'intelligence et aux soins qui présidèrent aux essais, les résultats obtenus montrèrent que ce problème, dont l'opinion publique se préoccupait vivement alors, pouvait être résolu, et ils permirent au ministre des travaux publics de chercher à mettre en vigueur la prescription de l'ordonnance royale de 1846 qui n'avait pas encore pu être appliquée.

Une première lettre ministérielle, en date du 1er février 1864, invita toutes les compagnies à présenter, dans un délai de trois mois, des propositious définitives pour assurer la mise en communication des agents des trains et, dans une seconde lettre du 29 novembre 1865, le ministre, considérant la période d'expérimentation comme terminée, mit les compagnies en demeure d'établir, dans un délai de quatre mois, une communication entre les garde-freins et le mécanicien dans tous les trains de voyageurs ou mixtes, en combinant le système

pour qu'il pût en même temps relier les voyageurs aux agents (*).

Pour se conformer à l'ordre qu'ils avaient reçu, les directeurs des compagnies tinrent en janvier 1866 une conférence dans laquelle ils convinrent d'adopter uniformément le système Prudhomme que le Nord venait de généraliser sur son réseau ; mais ce système, appliqué avec des soins très-divers, donna naturellement des résultats fort différents ; aussi plusieurs compagnies l'abandonnèrent et, en ce moment, il n'est guère appliqué que sur le Nord et sur Lyon-Méditerranée.

La régularité de marche (97/00), constatée sur le Nord il y a déjà quelques années, permet de supposer, comme nous venons de le dire, que l'insuffisance des résultats obtenus sur les autres réseaux tient moins aux défauts du système qu'à la manière défectueuse dont on l'a appliqué.

Système Prudhomme. — *Principe.* — En principe, le système Prudhomme consiste en deux conducteurs isolés l'un de l'autre (l'un d'eux est ordinairement la terre), allant de l'avant à l'arrière du train et qui, dans la traversée du fourgon de tête et du fourgon de queue, sont reliés par un conducteur auxiliaire comprenant une pile et une sonnerie à trembleur. Ces piles ont le même nombre d'éléments et leurs pôles de même nom sont placés en regard, de manière que les sonneries sont sollicitées par des courants égaux et de sens contraire et demeurent au repos ; mais si l'on réunit les deux conducteurs en des points intermédiaires M et N, l'équilibre est rompu et toutes les sonneries tintent (Pl. I, *fig.* 3).

(*) La responsabilité des compagnies qui ne se sont pas conformées à cette prescription ministérielle paraît donc engagée pour tous les accidents de personnel et de matériel qu'aurait pu éviter son exécution.

Pour mettre ce système en œuvre, M. Prudhomme procède de la manière suivante (Pl. 1, *fig.* 4) :

Fils conducteurs. — On fixe sur la caisse même de la voiture et extérieurement au châssis qui la supporte un câble isolé A qui se bifurque en arrivant aux deux extrémités du wagon : une des branches, recouverte sur une certaine longueur d'une corde solidement tressée C, est terminée par un fort anneau en fer galvanisé; l'autre branche aboutit à une tige à crochet T qui, sous l'action d'un ressort énergique R, tende à venir au contact d'un butoir métallique M.

Ces deux butoirs M, placés aux deux extrémités du wagon, sont reliés par un deuxième conducteur B aux barres d'attelage et aux plaques de garde des essieux, c'est-à-dire aux rails.

Lorsqu'on accroche un des anneaux galvanisés sur une des tiges T, en le faisant pénétrer jusqu'à l'axe de cette tige, il s'engage dans une gorge cylindrique G qui l'empêche de remonter et, dans cette position, il maintient la tige du crochet éloignée du butoir M correspondant.

La tige T et l'anneau sont d'ailleurs disposés à droite et à gauche de la barre d'attelage de manière que, lors de l'organisation du train, chaque tige ait en face d'elle l'anneau qui doit y être engagé. Quant aux anneaux placés à l'avant de la première voiture et à l'arrière de la dernière, on les engage sur les tiges voisines placées sur la même paroi.

Un train ainsi organisé a donc réellement deux conducteurs isolés l'un de l'autre et qui vont d'une extrémité à l'autre du train, savoir :

1° Le câble A qui réunit une voiture à la suivante au moyen du contact qui existe entre les tiges T et les anneaux qui y sont engagés;

2° Le conducteur B qui relie à la fois les butoirs M, les barres d'attelage, les plaques de garde et les rails et qui se continue par suite d'une voiture à l'autre, tant par les rails que par les barres d'attelage.

Fourgon. — Dans chaque fourgon on suspend, au moyen de deux crochets à deux pitons fixés à la paroi, une boîte contenant une pile et une sonnerie à trembleur (Pl. I, *fig.* 5). L'un des crochets communique avec le pôle zinc de la pile, l'autre communique par l'intermédiaire de la sonnerie avec le pôle cuivre : quant aux pitons de suspension, ils sont reliés, l'un avec le câble A, l'autre avec le conducteur B.

Il suffit donc de suspendre la boîte par ses crochets aux pitons correspondants, pour que toutes les communications soient établies.

Appel des agents. — Indépendamment de la boîte dont il vient d'être question, chaque fourgon contient un commutateur à ressort (Pl. I, *fig.* 7), qui permet aux agents de relier à volonté le câble A au conducteur B, c'est-à-dire de mettre les sonneries en marche, et de leur faire produire des tintements dont le nombre et la durée peuvent constituer une série de signaux correspondant aux avis et aux ordres les plus fréquents.

Appel des voyageurs. — Pour permettre aux voyageurs d'appeler les agents, on place dans chaque compartiment un bouton ou un anneau qui permet d'amener au contact deux conducteurs reliés l'un à A, l'autre à B, en même temps qu'il met en vue, à l'extérieur et de chaque côté du wagon, un voyant qui indique à tous les agents le compartiment où a été fait l'appel.

La compagnie du Nord a placé ces anneaux dans l'épaisseur de la cloison qui sépare deux compartiments consécutifs et entre deux vitres très-minces, de manière

qu'on ne puisse tirer l'anneau qu'après avoir brisé l'une des vitres. La compagnie de Lyon n'a pas jugé nécessaire d'obliger le public à briser cette vitre pour appeler les agents ; elle a mis dans chaque compartiment des boutons d'appel à la portée de tous les voyageurs, sans les protéger aucunement contre l'abus qu'on pourrait en faire, et elle n'a pas reconnu d'inconvénient à cette disposition.

Sonneries. — Pour que les oscillations et les trépidations du train ne fassent pas tinter les sonneries, on substitue ordinairement dans celles-ci (Pl. I, *fig.* 6) à l'électro-aimant en fer à cheval deux électro-aimants droits actionnés par le courant de ligne, et l'on place en regard de la partie supérieure de l'armature *a*, la branche horizontale *h* d'un levier coudé *hov* mobile autour de son axe *o* et dont la branche verticale *ov* descend à peu de distance des pôles libres des électro-aimants.

Lorsque ces électro-aimants sont inactifs, la branche horizontale *h* maintient le marteau éloigné du timbre malgré les trépidations du train, mais lorsqu'ils sont actionnés par le courant, ils attirent la branche verticale *v* du levier, relèvent par suite la branche horizontale *h* et dégagent ainsi la tige du marteau qui vient frapper sur le timbre.

Pile. — La pile consiste en six éléments Leclanché.

Rupture de train. — Si, par défaut d'attelage ou pour toute autre raison, une ou plusieurs voitures se séparaient du train, elles ne pourraient le faire qu'en arrachant, au point de rupture, les anneaux des tiges à crochets dans lesquels ils sont engagés ; ces tiges retomberaient donc sur les butoirs, réuniraient les conducteurs A et B et feraient tinter d'une manière continue les sonneries des deux parties du train.

Sur le Nord, on relie, au moyen du même système de communication, le sifflet électrique à vapeur dont les locomotives sont munies au fourgon du chef de train, afin que celui-ci puisse communiquer avec le mécanicien et lui donner directement l'ordre de marche ou d'arrêt.

Entretien. — La régularité de marche du système Prudhomme, comme celle de tous les systèmes de quelque nature qu'ils soient, électriques ou non, dépend de la manière dont il a été installé et du soin avec lequel il est entretenu ; c'est ce qui explique, comme nous l'avons dit au commencement de cette notice, les appréciations si diverses dont il a été l'objet sur les différents réseaux ; il n'est donc pas inutile d'indiquer les mesures que MM. Tesse et Lartigue, inspecteurs du service télégraphique de la compagnie du Nord, ont proposées pour l'entretien de ce système, et dont l'administration supérieure de la compagnie a poursuivi l'application avec une louable persévérance.

Ces mesures, qui ont naturellement pour but d'organiser une vérification fréquente des appareils et des communications, sont les suivantes :

Appareils. — On a placé toutes les boîtes d'appareils dans seize dépôts convenablement échelonnés sur le réseau ; c'est là que chaque chef de train vient prendre les boîtes qui doivent lui servir pendant le trajet qu'il a à faire.

Au dépôt principal, qui est à Paris, sont attachés deux agents chargés des réparations courantes, tandis qu'un troisième agent parcourt les quinze autres dépôts pour vérifier les appareils, refaire les piles épuisées, nettoyer les sonneries et faire rentrer à Paris les appareils qui ont besoin d'être réparés. De plus, en cas de besoin

imprévu, les préposés chargés de l'entretien des appareils affectés à la correspondance ordinaire, doivent assurer le fonctionnement des boîtes des dépôts de leur circonscription.

Communications. — La vérification des communications électriques des wagons et fourgons (cordes, crochets d'attelage, commutateurs d'appel) est faite par les visiteurs du matériel roulant; ce sont eux qui constatent, à la formation du train avant l'arrivée des voyageurs, et au retour pendant que les voyageurs descendent et qu'on décharge les bagages, que les appareils du train fonctionnent régulièrement.

Pour cela, ils font marcher les sonneries au moyen des commutateurs placés dans les fourgons d'avant et d'arrière, puis ils manœuvrent, en suivant les marchepieds, chacun des voyants indicateurs de l'appel des voyageurs et s'assurent que chaque manœuvre fait tinter les sonneries de tête et de queue.

Si l'une des voitures est reconnue défectueuse, on en recherche aussitôt la cause, et il est extrêmement rare que le dérangement ne soit pas relevé immédiatement et qu'on soit obligé de remplacer la voiture.

C'est par l'application de ces mesures aussi simples que peu coûteuses et la bonne installation première du système, que la compagnie du Nord, et plus tard à la compagnie de Lyon, ont réussi à donner à l'exploitation et aux voyageurs la garantie de sécurité mentionnée dans l'ordonnance royale de 1846 et prescrite par la décision ministérielle du 29 novembre 1865.

APPENDICE.

Commutateur à mercure de M. Lartigue.

Système automoteur pour passage à niveau. — Depuis

la publication de notre premier article (mars-avril 1875), le système automoteur au moyen duquel un train signale son approche à certains passages à niveau, a été avantageusement modifié par la mise en pratique d'un nouveau commutateur imaginé par M. Lartigue.

Ce commutateur consiste en une boîte parallélipipédique en gutta-percha, hermétiquement close, dans laquelle on a placé une certaine quantité de mercure et où pénètrent deux fils de platine reliés l'un au fil de ligne, l'autre au fil de terre comme l'indique la *fig.* 1, (Pl. II).

La boîte C est fixée avec un contre-poids sur l'une des branches M d'une bascule MN dont l'autre branche porte un ressort A formé de plusieurs lames métalliques superposées et placées sur une plaque épaisse de caoutchouc vulcanisé : le ressort A dépasse de quelques centimètres seulement le niveau supérieur du rail de manière que, dans quelque sens que marche le train, ce ressort soit toujours abaissé par le passage des roues.

En s'abaissant, le ressort A entraîne avec lui le levier auquel il est fixé : le commutateur s'incline et le mercure réunit les deux fils de platine, c'est-à-dire la ligne et la terre, et détermine la mise en marche de la sonnerie située chez le garde-barrière.

On voit que l'adoption de ce commutateur a permis de supprimer les lames frottantes, le soufflet T, etc..., en un mot les parties défectueuses du système tel qu'il était appliqué tout d'abord.

Avertisseurs pour cuves à eau. — On emploie une disposition analogue pour informer les mécaniciens qui alimentent une cuve à eau située à une certaine distance, que la cuve est remplie et que, par suite, l'alimentation doit être interrompue.

Dans ce cas (Pl. II, *fig.* 2) la bascule est munie à son extrémité antérieure d'un entonnoir placé au-desous du trop-plein de la cuve, et elle porte à l'autre extrémité la boîte commutateur C et un contre-poids P.

Lorsque l'eau dépasse le niveau qu'elle doit avoir dans la cuve, elle se déverse avec abondance dans l'entonnoir qu'elle remplit; celui-ci s'abaisse et la boîte commutateur C en s'inclinant, ferme le circuit d'une pile et d'une sonnerie situées près de la machine d'alimentation ou, ce qui vaut mieux encore, le circuit d'un sifflet électrique à vapeur placé sur cette machine : le mécanicien ainsi prévenu arrête l'alimentation.

Dès que la cuve s'est débarrassée de son excédant d'eau, l'entonnoir se vide et le système reprend sa position, prêt à donner un nouveau signal.

Manœuvre à distance des aiguilles. — Ce commutateur, convenablement modifié, a encore donné le moyen de contrôler la position des aiguilles de changement de voie; il a permis par suite à la compagnie du Nord d'ordonner l'installation de 52 aiguilles manœuvrées à distance, en se conformant aux instructions ministérielles qui subordonnent d'une manière absolue cette manœuvre à distance, à l'établissement d'un système pour contrôler efficacement la position des aiguilles.

Le système employé sur le Nord pour réaliser ce contrôle (Pl. III), consiste en deux commutateurs à mercure disposés de telle manière que, lorsque les aiguilles n'occupent pas l'une ou l'autre de leurs positions normales, ils ferment le circuit d'une pile et d'une sonnerie placées près de l'aiguilleur.

A cet effet, chaque commutateur C est fixé extérieurement au rail sur un levier L mobile autour d'un axe O qui est porté sur une plaque P faisant corps avec le rail :

une tige T, articulée au levier L, traverse librement la plaque P et le rail contigu, et vient dépasser légèrement le plan vertical qui limite intérieurement ce rail, de manière qu'au moment où les aiguilles prennent une de leurs positions fixes, c'est-à-dire où l'une d'elles appuie contre le rail correspondant, celle-ci presse sur cette tige et maintient le levier et le commutateur inclinés comme l'indique la figure.

Dans ces conditions, le circuit est ouvert et la sonnerie ne tinte pas.

Si au contraire aucune des aiguilles n'appuie contre un rail, ce qui ne doit arriver que pendant la durée de la manœuvre, c'est-à-dire pendant le temps que les aiguilles mettent à passer d'une position à l'autre, les deux commutateurs sont horizontaux, le circuit est fermé, et le tintement de la sonnerie en informe l'aiguilleur.

Lors donc que l'aiguilleur amène l'aiguille de R en R', le tintement de la sonnerie lui donne à la fois la double indication que la manœuvre s'exécute et que le système électrique est en bon état; puis la fin de ce tintement lui annonce que l'aiguille a terminé son trajet et presse bien contre le rail.

Pour pouvoir régler avec une précision suffisante la position de la tête de la tige sur laquelle vient presser l'aiguille, on la munit d'un écrou qui n'y est engagé qu'en partie et qu'on fixe à demeure dans la position qui convient, au moyen d'une contre-vis ou d'une clavette.

AMIOT.

DES
APPAREILS TÉLÉGRAPHIQUES
A SIGNAUX INDÉPENDANTS.

L'administration des télégraphes fait construire chez M. Dumoulin-Froment un multiple imprimeur à quintuple transmission, de mon invention, reposant sur l'emploi de combinaisons d'émissions de courant à intervalles définis.

Avant d'entrer dans la description détaillée de ce télégraphe, je me propose de passer en revue les appareils antérieurs à celui que j'ai imaginé, et qui, comme ce dernier, forment leurs signaux au moyen de combinaisons déterminées d'émissions de courant.

Je laisserai de côté les appareils tels que le cadran et le Hughes, dans lesquels les signaux sont produits par des courants égaux dont le nombre et l'espacement sont variables et dépendent du signal précédent. Les autres peuvent être partagés en deux catégories : 1.° ceux dans lesquels le temps n'est pas utilisé pour modifier les effets du courant et n'intervient pas par conséquent comme élément de combinaison ; 2° ceux dans lequels les effets produits par le courant sont différents suivant la durée ou le moment de l'émission.

Appareils de la première catégorie. — Les effets distincts produits par les courants suivant qu'ils sont positifs ou négatifs, ou suivant que leur intensité est

plus ou moins grande, sont les seuls qui aient pu jusqu'à présent être obtenus sans l'emploi du temps pour les différencier; et encore, ceux produits par des différences d'intensités n'ont-ils jamais été employés, sauf cependant pour la transmission simultanée dans le même sens. Il en résulte que les appareils de la première catégorie nécessitent plusieurs fils de ligne pour disposer d'un nombre de combinaisons distinctes, égal au nombre des signaux usités dans la correspondance.

Parmi eux nous citerons des appareils de MM. Davy et Highton, qui tous deux emploient trois fils et utilisent les deux effets différents produits par l'envoi du courant dans les deux sens; des appareils de MM. Morse, Whitehouse et Mimault qui emploient cinq ou six fils et n'utilisent qu'un effet du courant.

Le nombre total des combinaisons diverses qui peut être obtenu dans ces conditions est facile à déterminer. Dans les appareils Davy et Highton, par exemple, chaque fil peut se trouver dans l'un ou l'autre des trois cas suivants : 1° transmettre un courant positif; 2° transmettre un courant négatif; 3° ne transmettre aucun courant. En combinant successivement chacun des cas où peut se trouver le premier fil avec chacun des cas où peut se trouver le deuxième fil, on peut faire neuf combinaisons distinctes, lesquelles, combinées avec les trois cas fournis par le troisième fil, donnent un total de vingt-sept combinaisons. Il est à remarquer que dans ce nombre se trouve comprise celle qui correspond à l'inactivité des trois fils qui, ne pouvant être utilisée, est à retrancher. Le nombre total des combinaisons qui peuvent être faites dans les appareils de ce genre sera donc, en général, égal à $V^n - 1$; n étant le nombre des fils et V le nombre de variations fournies par chacun. Les appareils Davy et Highton peuvent donc

avec 3 fils donner $3^3 - 1 = 26$ combinaisons. Les appareils Morse, Whitehouse et Mimault, dans lesquels chaque fil ne peut se trouver que dans deux cas, transmettre ou non, donneront avec 5 fils $2^5 - 1 = 31$ et $2^6 - 1 = 63$ avec 6 fils.

Davy (1838). — Chacun des 3 fils de cet appareil est relié à 2 touches permettant d'envoyer soit un courant positif, soit un courant négatif. A l'arrivée, chaque fil est relié à 2 relais galvanomètres fonctionnant, l'un sous l'influence d'un courant positif et l'autre sous l'influence d'un courant négatif exclusivement. Le fonctionnement de chacun de ces relais détermine le passage d'un courant local à travers une bande de papier préparée convenablement et sur laquelle une trace se forme par décomposition électro-chimique. Ces traces occupant sur la largeur de la bande 6 positions différentes, suivant le relais qui les a produites, figurent les combinaisons faites avec les 6 touches du poste transmetteur.

Le tableau suivant montre les 26 combinaisons employées pour représenter l'alphabet.

1	•						•				•		•				•		•		•		•		•	
2		•						•				•		•				•				•		•		•
3			•				•		•					•	•				•		•			•		•
4				•				•		•			•			•				•		•	•		•	
5					•				•		•					•		•	•			•			•	•
6						•				•		•			•		•			•	•		•	•		
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z

Highton (1848). — MM. Highton frères imaginèrent plusieurs systèmes de télégraphes très-ingénieux, quoique peu connus. Dans quelques-uns de leurs appareils les signaux sont formés comme dans l'appareil Davy par des combinaisons d'envois de courants positifs ou négatifs sur un ou plusieurs fils. Afin d'éviter à l'appareil le soin de

faire lui-même les combinaisons convenables pour l'envoi de telle ou telle lettre, leur manipulateur est composé d'autant de touches qu'il y a de signaux à envoyer. Chacune d'elles fait automatiquement, quand on l'abaisse, la combinaison nécessitée par le caractère qu'elle représente. A l'arrivée, chaque fil est relié avec un électro-aimant commandant deux armatures polarisées, l'une se mettant en mouvement sous l'influence d'un courant positif et l'autre sous l'influence d'un courant négatif. Les 26 combinaisons de mouvements obtenues avec 3 fils, par exemple, sont utilisées soit pour montrer à l'œil le signal reçu, soit même pour l'imprimer sur une bande de papier. Deux dispositions donnant ce dernier résultat sont particulièrement intéressantes; nous allons les décrire succinctement :

Première disposition. — Par l'intermédiaire de leviers et de cordes enroulées sur l'axe d'une roue portant 26 types, les 6 armatures commandent cette roue de façon à amener le type à imprimer au-dessus du papier disposé à cet effet. Pour cela, les armatures des 1er, 2e et 3e électro-aimants commandées par des courants d'un certain sens, positif par exemple, font tourner respectivement la roue de 1, 3, 9 divisions et les armatures des 1er, 2e et 3e électro-aimants, commandées par des courants négatifs, la font tourner respectivement de 2, 6, 18 divisions. Ces valeurs attribuées au mouvement de rotation de la roue des types sous l'influence des 6 armatures permettent, en faisant fonctionner celles-ci, soit seules, soit combinées, d'amener la roue dans l'une au choix de 26 positions différentes. Une fois amené au-dessus du papier, le type est imprimé au moyen d'un mécanisme particulier, puis tout revient au point de départ.

Deuxième disposition. — Les armatures n'ont plus de

travail mécanique à exécuter, comme dans la disposition précédente ; elles n'ont qu'à fermer ou rompre des circuits de façon à diriger un courant local dans l'un au choix, et seulement un à la fois, de 26 électro-aimants. Le fonctionnement de chacun de ceux-ci détermine l'impression d'un caractère qui, gravé sur une tige commandée par l'armature, laisse son empreinte sur le papier contre lequel cette armature l'a projeté. Chacune des 6 armatures commandées par les électro-aimants de ligne est munie d'appendices métalliques ayant la forme d'un U renversé et destinés à mettre en communication électrique des godets pleins de mercure dans lesquels ils peuvent plonger. Les deux armatures du premier électro-aimant étant au repos, un courant local est conduit dans une direction qui peut se trouver modifiée suivant que l'une ou l'autre de ces armatures est déplacée. Ces trois voies qui peuvent, suivant le cas, être ouvertes au courant local, arrivent aux appendices des armatures du deuxième électro-aimant qui, suivant les positions qu'elles occupent, peuvent modifier de trois façons différentes la direction du courant arrivant par l'une ou l'autre de ces trois voies. Les neuf routes, dont l'une quelconque peut être suivie par le courant, arrivent aux appendices des armatures du troisième électro-aimant qui, suivant leur position, peuvent les continuer dans l'une ou l'autre de trois directions différentes ; 27 conducteurs partent donc des armatures du troisième électro-aimant. Celui d'entre eux que suit le courant local quand toutes les armatures sont au repos, est supprimé pour éviter l'usure inutile de la pile ; les 26 autres sont reliés respectivement aux 26 électro-aimants imprimeurs dont il a été parlé ci-dessus. En combinant convenablement le jeu des six armatures des électro-aimants de ligne, on peut envoyer le

courant local dans celui de ces électro-aimants dont le fonctionnement déterminera l'impression du caractère désiré.

Morse. — D'après Vail, Morse aurait fait des appareils du genre qui nous occupe; voici ce que cet auteur dit à ce sujet :

« Pendant une période de treize ans, Morse a imaginé « une foule de plans pour réduire l'alphabet télégraphi- « que à sa forme la plus simple..... » « Il a essayé di- « verses combinaisons où il attachait à la machine 2, 3, « 4, 5 et 6 fils. » Suivent alors les alphabets donnés par 2, 3, 4, 5 et 6 plumes commandées chacune par un fil, opérant ensemble ou séparément et écrivant chacune sur un point différent de la largeur d'une bande de papier. Chacune des combinaisons de traces obtenues ainsi représente une lettre comme dans l'appareil Davy.

Whitehouse (1855). — En principe, cet appareil est identique à celui de Davy. 6 fils sont respectivement reliés à 6 boutons destinés à les mettre en communication avec la pile. A l'arrivée, ils sont reliés à 6 styles appuyant sur une bande de papier préparée. Les courants arrivant par un ou plusieurs des conducteurs à la fois laissent sur la bande de papier, par décomposition électro-chimique, des traces dont les positions sur cette bande dépendent des styles qui les ont formés et dont les combinaisons représentent les signaux envoyés. Whitehouse employait deux sortes de manipulateurs : l'un, ***simple***, ayant 6 boutons reliés, comme nous l'avons dit, aux 6 fils, et l'autre, ***composé***, ayant 63 boutons dont chacun fait automatiquement, quand on l'abaisse, la combinaison d'envoi du courant sur les fils représentant le caractère gravé sur lui. Comme dans le manipulateur Highton, cette deuxième disposition a pour but d'éviter à l'employé le soin de

choisir et d'exécuter la combinaison nécessitée par telle ou telle lettre. Voici du reste ce que dit à ce sujet Whitehouse lui-même : « Lorsqu'on se sert du manipulateur « simple, il faut que les doigts de l'opérateur touchent « simultanément le nombre voulu de boutons pour former « une lettre donnée selon la combinaison voulue par telle « ou telle lettre. — Cette espèce de combinaison néces- « sitée par l'emploi du manipulateur simple réclame toute « l'attention de l'opérateur, tandis que dans le manipu- « lateur composé, cette combinaison est faite d'avance et « chaque bouton porte en gravure la marque ou le carac- « tère auquel il est spécialement affecté. »

Mimault (11 janvier 1874). — L'appareil à 5 fils de M. Mimault repose sur le même principe que celui de MM. Highton dont il a été parlé ci-dessus (2me disposition); son manipulateur est un manipulateur composé analogue à ceux de MM. Highton et Whitehouse. A l'arrivée, les 5 fils sont reliés à 5 électro-aimants dont les armatures dirigent, au moyen d'appendices commandés par elles, un courant local dans un au choix et seulement un à la fois de 31 électro-imprimeurs. — Nous avons vu que dans l'appareil Highton le premier électro-aimant de ligne dirige un courant local dans l'une de 3 directions différentes, le deuxième électro dans l'une de 9 directions et le troisième dans l'une de 27 directions différentes. De même, dans l'appareil de M. Mimault, le premier électro dirige un courant local dans l'une de deux directions différentes, le deuxième dans l'une de 4, le troisième dans l'une de 8, le quatrième dans l'une de 16 et le cinquième dans l'une de 32 directions différentes. Seulement, tandis que le premier appareil utilise deux effets du courant de ligne, le second n'en utilise qu'un seul. Dans les deux appareils, le courant local, en animant l'un des électro-

imprimeurs, détermine l'impression d'un caractère correspondant à celui-ci ; seulement dans le premier, l'impression est typographique, tandis que dans le deuxième elle se fait en pointillé par décomposition électro-chimique sur du papier préparé. Ce dernier résultat est obtenu au moyen d'un faisceau de tiges de fer isolées les unes des autres et reposant par leur section sur le papier. Quand l'armature d'un des électro-imprimeurs fonctionne, elle envoie un courant dans celles de ces tiges qui, par leur position, figurent les contours de la lettre à tracer.

Appareils de la deuxième catégorie. — Ces appareils sont très-nombreux. Comme ils permettent de faire varier à l'infini les effets du courant suivant sa durée ou suivant le moment de son émission, ils n'exigent qu'un seul fil. Cet avantage est obtenu, il est vrai, au détriment de la vitesse, puisque les effets distincts qui, par leurs combinaisons, forment les caractères, sont successifs au lieu d'être simultanés. Mais cette diminution du rendement est largement compensée par les avantages de toutes sortes, au point de vue économique comme à celui de l'exploitation, que procure la réduction du nombre des conducteurs. Parmi ces nombreux appareils à un seul fil on peut citer ceux de Gauss et Weber, Morse, Whitehouse, Wheatstone, Chenevier, etc.

Gauss et Weber. — Cet appareil utilise les deux effets produits par l'envoi du courant dans les deux sens. Chaque signal est formé au moyen de cinq émissions de courant successives soit positives, soit négatives. Le récepteur est constitué par une aiguille de galvanomètre oscillant à droite lors du passage d'un courant positif et à gauche lors du passage d'un courant négatif. Pour voir à combien de combinaisons peuvent donner lieu ces cinq courants, nous pouvons raisonner comme nous l'avons fait à propos des

appareils à plusieurs fils. En combinant les deux variations que peut fournir la première émission avec les deux fournies par la deuxième, puis les quatre combinaisons ainsi formées avec les deux variations faites par la troisième émission, etc., etc., on trouvera que le nombre de combinaisons qui peuvent être faites ainsi est égal à deux (nombre de variations fournies avec une seule émission) élevé à une puissance marquée par le nombre des émissions. C'est-à-dire $2^5 = 32$ pour l'appareil en question.

Morse. — L'appareil Morse utilise les deux effets distincts produits par deux durées différentes de l'émission de courant. Seulement, comme tous ces signaux ne sont pas, comme dans l'appareil précédent, formés par un même nombre (5) d'émissions de courant, il en résulte que le nombre des combinaisons possibles se trouve considérablement augmenté. En effet, on pourra obtenir :

Avec 1 seule émission de courant. .	$1 = 2$	variations.
Avec 2 émissions de courant.	$2^2 = 4$	—
3 —	$2^3 = 8$	—
4 —	$2^4 = 16$	—
5 —	$2^5 = 32$	—
	62	

Et en tout avec un maximum de 5 émissions, 62 combinaisons différentes.

Whitehouse (1855). — L'appareil à un seul fil de Whitehouse n'utilise qu'un effet du courant et fait tous ses signaux dans le même temps, celui nécessaire à l'envoi de 5 courants consécutifs. Au moyen d'une sorte de distributeur qui est en même temps une machine électro-magnétique, des courants successifs sont formés, mais ne sont envoyés sur la ligne que si le manipulateur le permet. Ce manipulateur est composé de 31 touches. Chacune d'elles permet, quand on l'abaisse, l'envoi de la

combinaison de courants successifs nécessitée par le signal qu'elle représente. Les touches sont disposées de telle sorte qu'il suffit de les abaisser pour obtenir cet effet, sans qu'il soit besoin de les maintenir abaissées pendant la durée de l'envoi des signaux. Elles se maintiennent automatiquement jusqu'à ce que, les signaux étant terminés, elles se relèvent d'elles-mêmes.

Au poste récepteur, les courants reçus laissent des traces par décomposition électro-chimique sur une bande de papier qui se déroule. Tous les signaux sont automatiquement séparés sur cette bande par une marque transversale. Cette marque servant de point de repère permet de lire les signaux qui sont du même genre que ceux obtenus avec l'appareil à six fils du même inventeur, c'est-à-dire que ces signaux sont composés de combinaisons de une à cinq traces occupant les espaces compris entre les points de repère, comme dans l'appareil à six fils ils étaient composés de combinaisons de une à six traces occupant la largeur de la bande de papier.

Afin d'obtenir des signaux bien nets et définis, chaque courant destiné à produire une trace était suivi d'un courant de sens contraire.

Wheatstone (1859). — L'appareil que Wheatstone fit à cette époque utilisait les deux effets du courant. — Comme dans l'appareil Morse, ses signaux étaient formés de 1, 2, 3 ou 4 émissions. Il pouvait donc obtenir comme celui-ci trente combinaisons diverses avec un maximum de quatre émissions de courant. — Au poste récepteur, les courants reçus formaient des points rangés suivant deux lignes parallèles au bord de la bande et situés sur la ligne supérieure ou la ligne inférieure, suivant qu'ils étaient dus à des courants positifs ou négatifs.

Afin d'éviter à l'employé la traduction des signaux

ainsi produits, Wheatstone avait joint à son appareil un *traducteur* destiné à les traduire en caractères typographiques. En substance, ce traducteur se composait d'une roue portant trente types et commandée par deux rangées parallèles de quatre touches. Les quatre touches de la première rangée faisaient tourner respectivement la roue de 1, 2, 4, 8 divisions quand elles étaient abaissées, celles de la deuxième rangée la faisaient tourner de 2, 4, 8, 16 divisions. Or, chaque signal formé sur la bande du récepteur comprenant un maximum de quatre points situés sur l'une ou l'autre des deux lignes parallèles, on pouvait figurer la disposition relative de ces points en appuyant successivement sur les touches du traducteur occupant des positions symétriques. Le caractère gravé sur la roue qui correspondait à la combinaison de points ainsi reproduite était alors amené dans une certaine position où il s'imprimait sur une bande de papier.

Chènevier (1872). — Cet appareil est en principe une combinaison des appareils Morse et Wheatstone. Il utilise à la fois les deux effets produits par les deux sens du courant et les deux effets produits par des courants de durées inégales. Au poste d'arrivée, les signaux sont, comme dans l'alphabet Morse, formés de combinaisons de points et de traits ; mais les points et les traits produits par des courants négatifs sont imprimés en double en deux endroits de la largeur de la bande, ce qui les distingue facilement. Ce système permet d'obtenir au moyen d'une seule émission de courant 4 combinaisons, — de 2 émissions, 16 combinaisons, — et de 3 émissions, 64 combinaisons ; c'est-à-dire qu'avec un maximum de 3 émissions on peut former 84 signaux différents.

Dans tous les appareils qui viennent d'être rappelés et

appartenant à la deuxième catégorie, les lettres sont formées au moyen de signaux conventionnels nécessitant une traduction. J'ai imaginé un appareil qui n'a besoin que d'un seul fil et qui traduit les combinaisons de courants reçues en caractères typographiques (brevet en date du 17 juin 1874).

Voici en quoi consistait cet appareil. Le manipulateur était formé de six touches reliées à six contacts d'un distributeur, sur lesquels un frotteur relié à la ligne glissait d'un mouvement uniforme. A l'arrivée, un frotteur semblable à celui du poste de départ mettait successivement la ligne en communication avec six contacts d'un distributeur relié à six électro-aimants. Les deux frotteurs étant en synchronisme mettaient ainsi successivement par l'intermédiaire de la ligne les six touches du manipulateur respectivement en communication avec les six électro-aimants du récepteur. Ceux-ci reproduisaient donc, à l'arrivée, celles des 63 combinaisons que pouvaient faire les touches au poste de départ. Le fonctionnement des six électro-aimants déterminait le déplacement d'une roue des types. Le premier la faisait tourner de 1 division, la deuxième de 2 divisions, la troisième de 4, la quatrième de 8, la cinquième de 16 et la sixième de 32 divisions.

Comme dans l'un des appareils Highton (1re disposition) et le traducteur de Wheatstone, les diverses combinaisons de ces mouvements permettaient d'amener le caractère choisi au-dessus d'une bande de papier. L'impression se faisait alors automatiquement, puis tout revenait à la position de repos.

Les deux opérations qu'exigeait la réception d'un caractère (c'est-à-dire : 1° la préparation du signal par le fonctionnement des armatures ; 2° la rotation de la roue des types et l'impression) se faisant successivement et la

deuxième étant toute locale, il était naturel de mettre la ligne en relation avec d'autres récepteurs pendant que s'effectuait cette dernière opération. De cette façon, aucun temps n'était perdu. C'est ainsi que mon appareil se trouvait être un multiple imprimeur.

Je n'ai pas l'intention de décrire ici cet appareil en détail non plus que les nombreuses modifications que je lui ai fait subir. Je dirai seulement que vers le mois de juillet 1874, j'ai imaginé un organe auquel depuis j'ai donné le nom de *combinateur*. C'est une modification de cet organe qui constitue la pièce principale de mon appareil actuel dont la description fera l'objet d'un prochain article.

E. BAUDOT.
Employé à la station centrale.

RELATIONS

ENTRE

LA CAPACITÉ ÉLECTROSTATIQUE ET LA RÉSISTANCE

D'ISOLEMENT D'UN CONDENSATEUR (*).

---

§ 1. Soient F, la capacité électrostatique du condensateur exprimée en microfarads;

P, le potentiel de la source électrique qui charge le condensateur;

p, le potentiel de la charge qui reste dans le condensateur quand, après l'avoir chargé au potentiel P, on l'abandonne à lui-même pendant *t secondes*, une partie de sa charge initiale s'écoulant ainsi dans le sol à travers son diélectrique;

R, la résistance, en megohms, du diélectrique au bout de ces t secondes.

L'intensité du courant de décharge, t secondes après que le condensateur a été isolé de sa source, est exprimée, d'après la loi de Ohm, par $\frac{p}{R}$; la quantité d'électricité qui s'écoulera pendant l'instant suivant dt, sera donc $\frac{p}{R}\,dt$. Cette électricité perdue, diminuant le potentiel actuel p d'une quantité dp, aura encore pour expression $F\,dp$.

(*) Siemens, *Submarine telegraph Report*, 1861, p. 457.

On a donc la relation

$$-\mathrm{F}dp = \frac{p}{\mathrm{R}}\,dt,$$

ou

$$-\frac{dp}{p} = \frac{dt}{\mathrm{FR}}.$$

Intégrant, il vient

$$\log_e \mathrm{C} - \log_e p = \frac{t}{\mathrm{FR}} \ (*).$$

Pour $t = 0$, on doit avoir $p = \mathrm{P}$, donc $\mathrm{C} = \mathrm{P}$.

Donc

$$\log_e \frac{\mathrm{P}}{p} = \frac{t}{\mathrm{FR}},$$

ou

$$t = \mathrm{FR}\log_e \frac{\mathrm{P}}{p}.$$

Si C représente la charge du condensateur quand le potentiel est P, et c la valeur de cette charge quand le potentiel est devenu p, on a $\frac{\mathrm{C}}{c} = \frac{\mathrm{P}}{p}$.

Donc

$$t = \mathrm{FR}\log_e \frac{\mathrm{C}}{c},$$

ou

$$t = \mathrm{FR}\,(\log_e \mathrm{C} - \log_e c).$$

§ 2. M. Clerk Maxwell (*Electricity and Magnetism*, t. I, § 355) s'exprime ainsi au sujet de cette relation et de son utilité :

« Le moyen le plus simple de mesurer la résistance d'un conducteur très-résistant est de charger un condensateur de grande capacité, et de relier ses deux surfaces aux électrodes d'un électromètre, ces électrodes étant également reliés aux extrémités du conducteur. Si E est

(*) Nous représentons les logarithmes népériens par la notation $\log_e$ (logarithmes dont la base est e).

la différence de potentiels indiqués par l'électromètre, S la capacité du condensateur et Q la charge sur chacune des surfaces, R la résistance du condensateur et x le courant qui le traverse, on a, d'après la théorie des condensateurs,

$$Q = SE.$$

« D'après la loi de Ohm, et par définition du courant,

$$E = Rx,$$
$$x = -\frac{dQ}{dt},$$

d'où

$$Q = -RS\frac{dQ}{dt},$$

et

$$Q = Q_0 e^{-\frac{t}{RS}};$$

Q_0 étant la charge initiale quand $t = 0$.

« De même,

$$E = E_0 e^{-\frac{t}{RS}};$$

E_0 étant la déviation initiale de l'électromètre, et E la déviation au bout du temps t. Nous en tirons

$$R = \frac{t}{S(\log_e E_0 - \log_e E)},$$

formule qui donne R en mesure absolue, et n'exige pas que l'on connaisse la valeur de l'unité de l'échelle électrométrique.

« Si la capacité S du condensateur est donnée en mesure électrostatique comme représentant un certain nombre de mètres, R sera aussi donné en mesure électrostatique comme l'inverse d'une vitesse.

« Si S est donné en mesure électro-magnétique, ses dimensions seront $\frac{T^2}{L}$ et R sera une vitesse.

« Comme le diélectrique du condensateur lui-même n'isolepas parfaitement, il est nécessaire de faire deux expériences. Dans la première, on détermine la résistance du condensateur lui-même R_0, et dans la seconde, celle du condensateur quand ses deux armatures sont réunies par le conducteur. Soit R' cette dernière.

« La résistance R du conducteur sera alors donnée par la relation

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R'} - \frac{1}{R_0}.$$

« Cette méthode a été employée par MM. Siemens. »

§ 3. De la formule $t = FR(\log_e C - \log_e c)$ on peut tirer quelques autres formules que l'on trouve citées dans le *Formulaire électrique* de MM. Clark et Sabine (pages 129 et suivantes de la traduction française).

Pour passer des logarithmes népériens ($\log_e$) aux logarithmes vulgaires (log), il faut diviser les premiers par le logarithme vulgaire du nombre *e*.

Or, $\log e = 0,4343$. La formule précédente, en logarithmes vulgaires, devient

$$t = FR \frac{\log C - \log c}{0,4343} \text{ secondes.}$$

Si le temps est mesuré en *minutes*, il faut diviser par 60, et alors

$$t = FR \frac{\log C - \log c}{26,06} \text{ minutes.}$$

d'où, pour expression de la résistance R au bout de *t* minutes,

$$R = 26,06 \frac{t}{F(\log C - \log c)} \text{ megohms.}$$

Supposons que t représente le nombre de *minutes* pour que le potentiel ou la charge tombe de moitié : $c = \frac{C}{2}$, et alors

$$R = 26,06 \frac{t}{F \log 2}.$$

Or

$$\log 2 = 0,30103,$$

donc

$$R = 86,56 \frac{t}{F} \text{ megohms.}$$

Si l'on fait l'expérience en chargeant le condensateur pendant 10 secondes avant de prendre la mesure de C, puis le rechargeant pendant 10 secondes avant de l'isoler de la pile, et enfin, mesurant c après une minute d'isolement, la formule $R = 26,06 \frac{t}{F(\log C - \log c)}$ fournit pour R une valeur sensiblement égale à celle que donnerait la mesure directe de l'isolement dans les mêmes circonstances.

Si maintenant t' est le temps que met le condensateur à tomber de la charge C à la charge c', et si *la résistance du diélectrique ne change pas par l'électrification* plus ou moins prolongée, on a aussi

$$t' = FR(\log C - \log c'),$$

d'où

$$\frac{t}{t'} = \frac{\log C - \log c}{\log C - \log c'},$$

formule qui permet de calculer le temps t que met un condensateur à tomber de la charge C à la charge c, connaissant celui t' qu'il met à tomber de C en c'.

On veut calculer le temps t que mettra le condensateur pour perdre la moitié de sa charge, alors $c = \frac{C}{2}$ et

$$t = \frac{\log 2}{\log C - \log c'} \times t' = \frac{0,30103}{\log C - \log c'} \times t'.$$

Désignons par n le tant pour cent de perte au bout du temps t', de telle sorte que $\frac{C - c'}{C} = \frac{n}{100}$; alors $\frac{C}{c'} = \frac{100}{100 - n}$ et l'on a

$$t = \frac{0,30103\, t'}{2 - \log(100 - n)} \text{ (Preece)}.$$

§ 4. On peut retrouver les mêmes formules d'une façon plus élémentaire en admettant, comme *fait expérimental*, que quand un condensateur se décharge à travers son diélectrique, le rapport $\frac{C - c}{C}$ de la perte de charge au bout d'un certain temps à la charge au début de ce temps, est indépendant de la valeur initiale de cette charge, pour des intervalles de temps égaux, si la résistance du diélectrique ne change pas. Ainsi, si au bout de la première seconde le condensateur perd 5 p. 100 de sa charge, au bout de la deuxième seconde il aura encore perdu 5 p. 100 de la quantité rémanente et ainsi de suite indéfiniment.

Soient C la charge initiale et $c_1, c_2, c_3, \ldots\ldots c_n$ les charges rémanentes au bout des temps t, $2t$, $3t$, ... nt. On a alors les relations

$$\frac{C - c_1}{C} = \frac{c_1 - c_2}{c_1} = \frac{c_2 - c_3}{c_2} = \ldots\ldots = \frac{c_{n-1} - c_n}{c_{n-1}} = q,$$

d'où

$$\begin{aligned} c_1 &= C(1 - q), \\ c_2 &= C(1 - q)^2, \\ c_3 &= C(1 - q)^3, \\ &\ldots\ldots\ldots \\ c_n &= C(1 - q)^n. \end{aligned}$$

Si donc $c = c_1$ est la charge rémanente au bout du temps t, et $c' = c_n$ la charge rémanente au bout du temps $t' = nt$, on a

$$c' = C(1-q)^{\frac{t'}{t}} = C\left(\frac{c}{C}\right)^{\frac{t'}{t}},$$

d'où, prenant les logarithmes,

$$\frac{t}{t'} = \frac{\log C - \log c}{\log C - \log c'}.$$

Supposons le temps assez petit pour que l'intensité du courant reste constante pendant cet intervalle; alors la quantité d'électricité perdue au bout de ce temps θ sera, en désignant par E le potentiel de la charge C, $\frac{E}{R}\theta$, et par suite la charge rémanente

$$C - \frac{E}{R}\theta = C - \frac{EF}{RF}\theta = C\left(1 - \frac{\theta}{RF}\right);$$

de telle sorte qu'au bout du temps $n\theta$, la charge rémanente sera

$$c = C\left(1 - \frac{\theta}{FR}\right)^n,$$

ou

$$c = C\left(1 - \frac{t}{nFR}\right)^n,$$

en posant $n\theta = t$; formule qu'on peut mettre sous la forme

$$c = C\left[\left(1 + \frac{1}{m}\right)^m\right]^{-\frac{t}{FR}}$$

en posant $m = -\frac{nFR}{t}$.

A mesure que le temps θ devient de plus en plus petit, n tend vers l'infini, et $t = n\theta$ restant d'ailleurs fini,

m tend également vers l'infini. Or on sait que, dans ce cas $\left(1 + \frac{1}{m}\right)^m$ devient égal au nombre e.

Donc

$$c = Ce^{-\frac{t}{FR}},$$

ou

$$C = ce^{+\frac{t}{FR}},$$

ou

$$t = FR(\log_e C - \log_e c).$$

J. R.

SUR UNE MÉTHODE

DE

MESURE DES TRÈS-PETITS INTERVALLES

DE TEMPS.

PAR M. ROBERT SABINE.

(Extrait du *Philosophical magazine* de mai 1876.)

La méthode que je vais décrire pour mesurer un intervalle de temps très-petit qui s'écoule entre deux actions mécaniques successives est, je crois, digne de confiance lorsqu'on use de précautions convenables. Elle est basée sur ce fait qu'une batterie de Leyde ou autre système d'accumulateur (communément appelé « condensateur ») peut seulement se décharger partiellement et dans une proportion déterminée à travers un circuit donné.

On sait que si un câble télégraphique ou un accumulateur a une capacité électrostatique de F farads, et si la résistance à la perte ou à la décharge entre ses deux armatures est R ohms, le temps (t secondes) nécessaire pour qu'une charge initiale au potentiel P tombe au potentiel p sera

$$t = \mathrm{FR} \log_e \frac{\mathrm{P}}{p} \text{ secondes,}$$

en admettant que toute l'électricité que nous employons

réside sur les enveloppes et qu'elle est libre de pouvoir se décharger. Cette relation, mise sous une autre forme, est ordinairement employée pour trouver la résistance d'isolement des câbles sous-marins lorsque leurs capacités électrostatiques sont connues et qu'on laisse leur charge initiale s'écouler ou se décharger à travers le diélectrique seul pendant un nombre donné de minutes.

En employant cette méthode pour la mesure du temps, il est nécessaire de connaître exactement la valeur de la résistance ; et comme celle-ci pourrait ne pas être déterminée exactement si la décharge avait lieu à travers le diélectrique, un fil de résistance connue, *r*, devra être établi entre les deux armatures de l'accumulateur, de sorte que le temps que met le potentiel P de la charge pour tomber à *p* est

$$t = \frac{F \log_e \frac{P}{p}}{\frac{R + r}{Rr}} \text{ secondes.}$$

La résistance intérieure ou résistance d'isolement de l'accumulateur étant si grande par rapport à *r* que dans la pratique on peut la regarder comme infinie (*), le temps est alors exprimé par

$$t = Fr \log_e \frac{P}{p} \text{ secondes.}$$

En supposant que l'impulsion de l'indice lumineux d'un galvanomètre à miroir soit proportionnelle à la quantité d'électricité subitement déchargée à travers sa

(*) Avec un accumulateur à mica d'une capacité de 1/3 de microfarad, la résistance *r*, traversée par la décharge, nécessaire pour déterminer des intervalles de temps compris entre 1/100 et 1/10 de seconde est inférieure à 1 megohm. La résistance intérieure d'un tel accumulateur est de beaucoup au-dessus de 200.000 megohms, de sorte que dans la pratique elle peut être admise dans tous les cas comme infinie par rapport à *r*.

bobine, si les impulsions sont respectivement C et c, le temps est

$$t = Fr \log e \frac{C}{c} \text{ secondes.}$$

Par suite, les seules valeurs nécessaires à connaître sont la capacité (F) de l'accumulateur et la résistance (r) du fil de décharge. La mesure est indépendante de la constante de sensibilité du galvanomètre et de la force électromotrice de la pile; cependant, aucune de ces grandeurs ne doit varier dans le cours d'une observation.

J'ai employé ce système pour déterminer les espaces de temps qui s'écoulent :

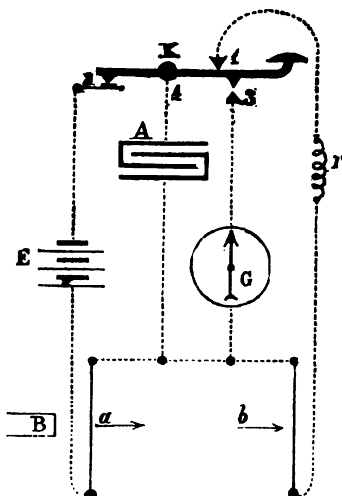
1° Entre les interruptions successives de deux circuits et

2° Entre la fermeture et la rupture d'un seul circuit.

L'intervalle de temps à mesurer est évidemment toujours celui pendant lequel on laisse l'accumulateur se décharger partiellement à travers la résistance de décharge.

Quand le temps à mesurer est celui compris entre les interruptions successives de deux circuits, l'appareil est disposé en principe comme le montre la *fig.* 1. Les deux circuits qui doivent être interrompus sont a et b; a d'abord, b ensuite. Dans la figure, a et b sont supposés représenter, comme moyen de démonstration, deux fils fins tendus à différentes distances de la bouche, B, d'un canon, de telle sorte que le boulet les brise dans la direction de la flèche. La pile E (un seul élément Daniel à grande surface est suffisant) a une si petite résistance en comparaison de celle du fil de décharge, r, que le potentiel de l'accumulateur A demeure invariable dans la pratique, quand r est choisi très-grand.

Fig. 1.



Une clef ou manipulateur de forme particulière est très-commode pour observer la charge initiale. Elle consiste en un levier (K), oscillant sur des pivots au point 4. Quand elle est à la position de repos (celle de la figure), le contact fixe 1, au-dessus du bras d'avant, et le ressort de contact 2, au-dessous du bras d'arrière, sont tous deux en communication avec le levier. Quand on abaisse le bouton, le contact fixe 1 est d'abord interrompu; un instant après le contact avec le ressort est rompu, et enfin le contact d'avant, 3, est établi. Cette disposition assure la suppression de la résistance de décharge *r* par la clef, avant l'interruption de la pile.

Abaissons pendant un instant le bouton de la clef; la résistance et la pile sont par suite successivement interrompues, et la décharge instantanée de l'accumulateur s'estime par l'impulsion de l'aiguille du galvanomètre G. On obtient ainsi la valeur de C.

Laissons la clef revenir à sa position de repos et recharger l'accumulateur; les fils *a* et *b* sont tour à tour rompus par la projection du boulet. La rupture de *a* met la pile hors du circuit, et la charge qui se trouve à ce moment dans l'accumulateur commence à s'écouler par le fil de décharge *r*. Ce flux est arrêté aussitôt que le boulet atteint et brise *b*. L'observateur, aussitôt qu'il entend la détonation, presse la clef et lit l'impulsion *c* de l'aiguille due au reste de la charge.

L'exactitude de cette méthode dépend des conditions suivantes : 1° que la différence de potentiel entre les deux armatures du condensateur ne soit pas pratiquement altérée par cette circonstance que les pôles de la pile sont reliés au moyen du fil de décharge, et 2° que le temps qui s'écoule entre l'interruption du circuit *b* et l'abaissement de la clef ne soit pas suffisant pour permettre aucune perte à travers le diélectrique. Plus loin, je montrerai comment on peut s'assurer à peu près de ces conditions.

Il est nécessaire, naturellement, que toutes les parties de l'appareil soient aussi bien isolées que possible; et il est désirable que la résistance de décharge ainsi que la dérivation prise au galvanomètre soient réglées de manière que les impulsions aient à peu près la même valeur. Ce qui suit est une série d'observations faites en tirant une balle d'un petit pistolet de poche se chargeant par la culasse à travers deux fils fixés (comme dans la *fig.* 1) de 1 à 4 pieds de distance ($0^m,30$ à $1^m,21$), le canon étant près du premier fil.

L'accumulateur était isolé avec du mica et de la gomme laque; sa capacité était de 1/3 de microfarad ($F = 0,333 \times 10^{-6}$ farad); sa perte au bout de quinze minutes était seulement de 1 p. 100, et par conséquent sa résistance d'isolement d'environ 250.000 megohms.

Le fil de décharge avait une résistance de 100.000 ohms. La constante (F.r) était donc = à 0,0333.

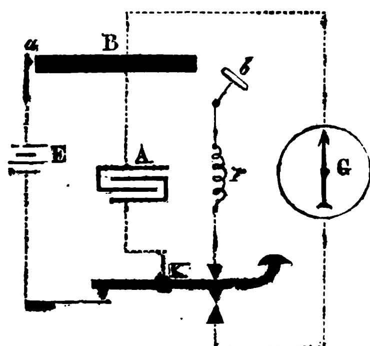
EXPÉ-RIENCES.	DISTANCE d	IMPULSION DE LA LUMIÈRE		DURÉE calculée du parcours $\left(F.r \log_e \frac{C}{c}\right)$ t	VITESSE calculée de la balle $\frac{d}{t}$
		C	c		
	Pieds.	Divisions.	Divisions.	Secondes.	Pieds par sec.
1	1	300	280	0,0023	436
2	1	300	281	0,0022	457
3	1	300	280	0,0023	436
4	2	300	251	0,0059	340
5	2	300	256	0,0053	379
6	2	300	260	0,0048	422
7	2	300	259	0,0049	408
8	3	299	240	0,0073	408
9	3	299	245	0,0067	450
10	3	299	250	0,0061	496
11	3	299	256	0,0052	576
12	3	299	246	0,0065	460
13	4	299	230	0,0087	458
14	4	299	229	0,0089	451
15	4	299	225	0,0095	422
16	4	299	231	0,0086	467

Un coup d'œil jeté sur ces résultats montre que les écarts entre les observations séparées et leur valeur moyenne peuvent s'expliquer par l'inégalité des charges de poudre dans les gargousses.

Quand le temps à déterminer est celui qui s'écoule entre la fermeture et la rupture d'un circuit, j'ai trouvé que l'appareil peut être commodément disposé en principe comme le montre le croquis, *fig.* 2.

Les pôles de la pile ne sont plus reliés par le fil de décharge, *r*, pendant la charge de l'accumulateur. Par conséquent, on peut, sans crainte d'erreur, donner à *r* une résistance beaucoup plus petite que dans l'expérience précédente. Pour faciliter la démonstration, B représente un bloc de métal ou enclume contre lequel est pressé le contact *a*, de manière à charger l'accumu-

Fig. 2.



lateur A par la pile E. Le léger marteau *b* (pesant environ 1 once, — $28^{gr},35$) est alors lancé subitement contre B, et immédiatement après on le laisse rebondir. Pendant l'intervalle qui s'écoule entre le contact établi par *b* et son interruption, c'est-à-dire ce qu'on peut appeler la durée électrique du choc, l'accumulateur se déchage à travers *r*, et le restant de la charge est mesuré sur le galvanomètre (G) en abaissant la clef (K), comme auparavant. Le même accumulateur fut employé dans ces expériences et dans les précédentes.

IMPULSION DU POINT LUMINEUX.		r	DURÉE CALCULÉE du flux $\left(F.r\log.\frac{C}{c}\right)$ t
Charge initiale C	Résidu c		
		Ohms.	Secondes.
308	265	1000	0,000050
308	264	1000	0,000051
306	269	1000	0,000045
308	265	1000	0,000050
307	261	1000	0,000054
306	260	1000	0,000054
306	262	1000	0,000052
307	267	1000	0,000047
		Moyenne.	0,000050

Il reste maintenant à montrer :

1° Que les résultats obtenus par cette méthode concordent entre eux, et 2° que les intervalles de temps calculés par la formule concordent avec le temps observé.

Les observations faites avec le marteau et l'enclume (*fig.* 2) étaient suffisamment uniformes pour donner à penser qu'en déchargeant l'accumulateur graduellement par une série de chocs d'une force aussi égale que possible, la durée de chaque choc pouvait être regardée comme une même partie aliquote du temps total pendant lequel se produisait la décharge à travers la résistance.

La série suivante d'observations, avec leurs résultats calculés, demontre amplement que cette conclusion est exacte.

NOMBRE de coups frappés par le marteau n	IMPULSION DE L'INDEX LUMINEUX		RÉSISTANCE du fil de décharge r	DURÉE CALCULÉE	
	C	c		de la décharge t	de chaque choc $\frac{t}{n}$
			Ohms.	Secondes.	Secondes.
10	311	109	1500	0,000524	0,000052
9	311	121	1500	0,000471	0,000052
8	311	139	1500	0,000402	0,000050
7	311	105	1000	0,000362	0,000052
6	311	120	1000	0,000317	0,000053
5	310	138	1000	0,000269	0,000054
4	310	128	700	0,000206	0,000051
3	310	125	500	0,000151	0,000050
2	309	118	300	0,000096	0,000048
1	309	145	200	0,000050	0,000050
Moyenne.					0,000051

En 1872, je commençai une série d'expériences afin de comparer les résultats calculés par cette méthode avec le temps donné par un chronoscope.

La difficulté que je rencontrai, toutefois, fut de trouver un chronoscope d'une sensibilité suffisante pour donner un contact ou une série de contacts d'une durée connue. Dans le but de remplir cette condition, feu sir C. Wheatstone, avec l'aide généreuse qu'il accorda constamment à toute recherche physique, me confia un appareil qui avait été très-ingénieusement combiné et construit pour lui quelques années auparavant par M. Stroh, pour un usage différent ; et avec cet appareil pourvu de contacts électriques convenables, je fis diverses recherches pour contrôler l'exactitude de la formule. (Je fus très-reconnaissant de l'assistance habile que me donna M. J. Rymer Jones dans ces observations.)

Cet appareil consistait en un disque de métal avec un bord extérieur lourd, mis en mouvement par la force d'un ressort qui était arrêté en butant contre une enclume, tandis qu'un index tournant avec le disque heurtait contre l'extrémité d'un petit levier à un instant de la révolution déterminé par sa position. La durée du contact était réglée de manière à persister depuis le moment où le ressort moteur frappe l'enclume jusqu'à celui où l'index du disque bute contre le levier ; et comme il était supposé (et constaté) que la vitesse à tout instant d'une révolution simple était uniforme dans la pratique, la position de l'index mettait à même de déterminer tous les petits intervalles de temps. Les résultats que j'obtins avec cet appareil, quoique très-intéressants, n'étaient cependant pas concordants ; il paraissait y avoir un intervalle variable et un peu considérable entre la fermeture du contact et l'écoulement de l'électricité dans le circuit. Cette circonstance, qui détermina sir C. Wheatstone à mettre l'appareil de côté, me conduisit aussi à le regarder comme insuffisamment

exact pour le but auquel j'avais songé à l'employer.

Mes occupations m'empêchèrent de reprendre ce travail ; je recommençai récemment à faire une étude plus attentive de cet appareil à contacts de courte durée, et je trouvai que la cause de son irrégularité était due à la vibration résultant de l'arrêt subit du ressort impulseur. Je le reconstruisis donc de telle sorte que chaque partie fût placée sur un socle séparé, et je reconnus qu'il donnait alors tout ce qu'on pouvait attendre de lui.

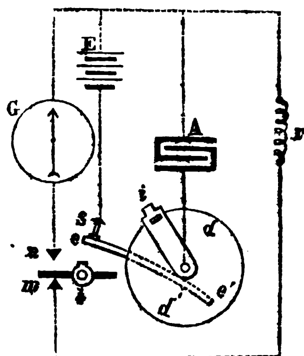
La circonférence du disque tournant est divisée en 500 parties égales, et comme le doigt ou index est pourvu d'un *vernier*, au moyen duquel on peut exactement apprécier un dixième de division, ou $\frac{1}{5000}$ de la circonférence, il s'ensuit que quand le disque fait 2 révolutions par seconde, l'index peut être disposé de façon à donner un choc à tout intervalle compris entre 0,0001 et 0,5 de seconde.

La force du ressort est réglée autant que possible de manière à donner la vitesse initiale de rotation cherchée, en observant les divisions graduées du disque qui deviennent visibles successivement sous le réticule d'un petit télescope, quand on l'éclaire au moyen de l'étincelle d'une bobine d'induction dont le circuit inducteur est ouvert et fermé par un pendule battant la demi-seconde.

La manière dont je me suis servi de cet appareil pour contrôler la méthode ci-dessus de détermination électrique de très-petits intervalles de temps est la suivante : le corps du disque *dd* et le ressort sont reliés à l'une des plaques de l'accumulateur à mica, A, *fig.* 3. Le ressort *ee'*, quand il est détendu, reste en contact avec le point *s* relié à l'un des pôles de la pile E. Les autres

plaques de l'accumulateur et de la pile sont attachées ensemble. Dans cette position, par conséquent, la pile charge le condensateur. Le contact *m* et le contact *n* sont reliés, le premier à travers le fil de résistance variable, *r*, et le second à travers le galvanomètre G, au point de jonction entre la pile et l'accumulateur. En abandonnant le disque, le ressort *e*, quittant *s*, rompt le circuit

Fig. 3.



de la pile et, venant en contact avec une enclume en communication électrique avec le support du levier, *l*, permet à la charge de l'accumulateur de s'écouler partiellement par *m* et *r* jusqu'à ce que l'index, *i*, tournant avec le disque, projette *l* de *m* en *n*, interrompant par là de nouveau la décharge à travers *r*, et mettant l'accumulateur en relation avec le galvanomètre, qui indique l'électricité restante *c*.

Dans les expériences qui suivent, le but était de comparer le rapport $\left(\frac{C}{c}\right)$ des impulsions observées avec le même rapport calculé à l'aide de la formule, dans la

supposition que les intervalles de temps indiqués par l'index du disque étaient exacts. On employa le même accumulateur que dans les expériences précédentes. La pile se composait de deux éléments Leclanché. Le cadre du galvanomètre était dérivé par un fil dont le pouvoir multiplicateur était = à 3 dans la lecture des impulsions dues aux charges initiales C.

INTERVALLE de temps fixé par l'index du disque.	RÉSISTANCE ménagée pour la décharge (r)	IMPULSIONS OBSERVÉES de l'aiguille.		$\frac{C}{c}$	
		C	c	Observé.	Calculé.
secondes.	ohms.	divisions.	divisions.		
0,0002	500	232 × 3	204	3,41	3,32
0,0003	700	232 × 3	206	3,38	3,62
0,0004	1.000	233 × 3	226	3,09	3,32
0,0005	1.200	233 × 3	214	3,27	3,49
0,0006	1.600	233 × 3	228	3,06	3,08
0,0007	1.700	233 × 3	210	3,33	3,44
0,0008	2.000	234 × 3	216	3,25	3,32
0,0009	2.300	234 × 3	226	3,11	3,23
0,001	2.500	234 × 3	218	3,22	3,32
0,002	5.000	234 × 3	224	3,13	3,32
0,003	7.000	234 × 3	216	3,25	3,62
0,004	10.000	235 × 3	208	3,39	3,32
0,005	12.000	235 × 3	200	3,52	3,49
0,006	14.000	235 × 3	198	3,56	3,62
0,007	17.000	235 × 3	206	3,42	3,44
0,008	20.000	236 × 3	210	3,37	3,42
0,009	23.000	235 × 3	212	3,33	3,23
0,01	25.000	237 × 3	215	3,31	3,32
0,02	50.000	236 × 3	213	3,33	3,32
0,03	70.000	233 × 3	196	3,57	3,62
0,04	100.000	231 × 3	208	3,34	3,32
0,05	130.000	232 × 3	217	3,20	3,17
0,06	160.000	236 × 3	230	3,08	3,08
0,07	180.000	235 × 3	219	3,22	3,21
0,08	200.000	235 × 3	210	3,36	3,32
0,09	230.000	235 × 3	218	3,24	3,23
0,1	250.000	234 × 3	210	3,34	3,32

Il est évident par cette table que la concordance entre les intervalles réglés mécaniquement et ceux calculés au moyen de la perte électrique est très-exacte, et que la

formule $\left(t = F . r . \log._\varepsilon \frac{C}{c}\right)$ est non-seulement applicable pour de lentes décharges à travers de très-fortes résistances, mais également pour de vives décharges à travers de petites résistances.

Ces deux séries d'essais montrent, je pense, d'une façon décisive que ce système donne des résultats qui, pour une série très-considérable d'intervalles de temps, sont comparables les uns aux autres, — et en outre que, à un petit écart près, ces intervalles calculés sont exacts.

Dans la méthode où deux circuits sont interrompus, la résistance de décharge est maintenue dans ce circuit pendant que l'accumulateur se charge, ce qui suppose que la résistance de la pile est si petite en comparaison de celle ménagée pour la décharge que le potentiel des pôles de la pile n'est pas altéré. C'est théoriquement évident, et les observations suivantes de la décharge instantanée quand les pôles de la pile sont reliés par des résistances de diverses valeurs montrent que jusqu'à ce que la résistance du fil de décharge soit abaissée bien au-dessous de celle exigée pour être employée dans cette méthode, il n'y a aucune erreur appréciable.

Résistance entre les pôles de la pile	Décharge.
Infinie	277
100.000 ohms	277
10.000 —	277
1.000 —	276

On suppose aussi dans les deux modes d'expériences que le temps qui s'écoule entre l'interruption du fil de décharge et la fermeture du circuit du galvanomètre n'est pas suffisant pour qu'il se produise une perte à travers le diélectrique de l'accumulateur.

L'expérience suivante a été faite pour déterminer la

perte réelle de l'accumulateur pour diverses périodes d'isolement.

Décharge instantanée.	275
— après 1 minute.	265
— — 15 minutes.	272
— — 30 —	269

Il est donc évident que si on laisse la perte s'établir même pendant 15 minutes, avant de faire la lecture, l'erreur pendant cette période sera seulement de 1 p. 100 environ. Rien n'empêche cependant de prendre la déviation dans l'espace d'une seconde ou deux.

En usant de ce système, j'ai trouvé qu'il est nécessaire de ne pas perdre de vue certaines précautions. En premier lieu, il est désirable, en prenant la lecture des impulsions de l'aiguille, de régler le fil résistant de telle sorte que la valeur de c ne soit pas trop rapprochée de celle de la charge initiale C. Lorsque ces déviations ont presque la même valeur, une erreur très-légère d'observation introduit une erreur matérielle dans le résultat, parce que la *différence* des logarithmes peut augmenter ou décroître beaucoup plus rapidement que les nombres eux-mêmes. D'un autre côté, le rapport entre C et c ne doit pas être trop grand ; en d'autres termes, l'accumulateur ne doit pas être trop déchargé lorsque l'on observe sa charge réduite. L'électricité qui afflue d'une pile dans un accumulateur (supposé parfaitement isolé) est employée de deux façons : 1° elle charge *soudainement* les armatures par induction ; et 2° elle polarise *graduellement* ou charge la matière du diélectrique. Quand les armatures chargées sont reliées à travers une petite résistance, elles sont d'abord déchargées, et la « *désélectrification* » ou décharge du diélectrique (qui commence au même instant) se continue graduellement. Nous de-

vons donc nous attendre à trouver encore une petite quantité d'électricité dans l'accumulateur longtemps après que les armatures ont été déchargées. On l'observe mieux quand la décharge se produit subitement que quand elle a lieu graduellement (c'est-à-dire à travers une haute résistance), parce que dans le dernier cas le courant de désélectrification, qui est très-petit par rapport au courant de décharge, a le temps de passer inaperçu avec l'autre courant.

Ceci, cependant, ne se fait sentir que quand l'accumulateur est déjà très-déchargé et que les lectures de c sont assez petites pour qu'il faille tenir compte de l'influence perturbatrice. En choisissant la résistance de décharge de telle valeur que la quantité qui reste à mesurer dans l'accumulateur ne soit jamais moindre que le tiers ou le quart de la charge initiale, on n'a pas à craindre d'erreur venant de cette cause.

Il y a de nombreuses applications dans lesquelles la détermination des intervalles de temps de très-petite durée peut être d'une grande utilité pratique; et je crois qu'on peut se fier à ce système.

En terminant, je dois reconnaître la précieuse assistance que j'ai reçue, tant pour disposer l'appareil que pour faire les observations, de M. M'Eniry.

25, Cumberland Terrace, N. W. Février 1876.

(Traduction de M. Ad. Perrin.)

LA TRANSMISSION SIMULTANÉE

APPLIQUÉE AUX LIGNES SOUS-MARINES.

Le nouveau système de transmission simultanée, ou *duplex*, récemment imaginé par M. l'inspecteur général Ailhaud, est expérimenté depuis quelque temps sur le câble de Marseille à Alger, et fonctionne très-régulièrement.

L'appareil employé sur le câble est le galvanomètre Thomson, communément appelé appareil à miroir, qui donne les signaux Morse par des déviations à gauche représentant les *points* et à droite représentant les *traits*.

Par suite de son extrême délicatesse, cet appareil est sensible aux moindres vibrations qui, dénaturant les signaux, rendent la lecture fort pénible, parfois même impossible; d'où la nécessité de parvenir à un équilibre aussi parfait que possible.

L'équilibre a été obtenu de diverses manières; mais la méthode qui a fourni les meilleurs résultats et qui a été définitivement adoptée est une méthode mixte, c'est-à-dire une combinaison de la méthode *différentielle* avec celle du *pont de Wheatstone*.

Le galvanomètre est à double circuit :

L'un des circuits est intercalé entre les branches du pont, les nœuds communiquant, l'un au câble, l'autre à la terre à travers une résistance qui sert à régler l'équilibre de l'état stable ou l'*équilibre normal*.

Le second circuit est disposé en *sens inverse* du précé-

dent; il est parcouru par des courants d'induction fournis par des bobines d'induction ou des condensateurs et qui servent à compenser les courants de *charge* et de *décharge*.

Il est assez facile de régler de cette manière la *force* des courants compensateurs, mais on parvient difficilement à obtenir en même temps l'équilibre des *vitesses* de charge; or, toute différence de vitesse de charge se manifestant par des mouvements multiples très-rapides ou *vibrations*, on était d'abord constamment gêné par des vibrations plus ou moins fortes qui rendaient toute lecture impossible.

Ces vibrations ont été combattues par des vibrations en sens inverse, produites par des courants d'induction auxiliaires.

Il en est résulté un équilibre très-stable, d'un réglage commode et peu variable, réunissant par conséquent toutes les conditions désirables au point de vue pratique.

Les condensateurs, d'un usage plus commode que les bobines d'induction, ont été adoptés de préférence; ils sont au nombre de trois et représentent ensemble environ le quart de la capacité du câble qui est de 140 microfarads.

La figure ci-derrière montre la disposition adoptée :

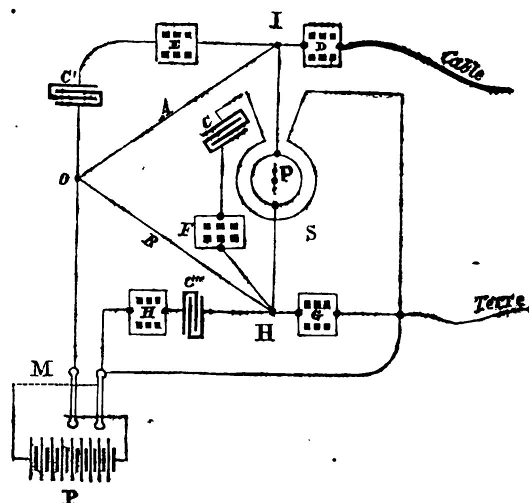
M. Manipulateur ordinaire ou clef double.

A, B. Branches du pont sur le parcours desquelles sont des résistances telles que le rapport $\frac{A}{B} = \frac{2.000}{1.000}$.

P. Premier circuit du galvanomètre intercalé entre les nœuds H et I du pont.

S. Second circuit aboutissant d'un côté à la terre, de l'autre à une des armatures du condensateur C.

D. Résistance de 800 à 1.000 unités, intercalée devant le câble pour faciliter le réglage.



G. Résistance de la ligne factice. Elle est destinée à obtenir l'équilibre normal. On doit avoir :

$$\frac{G}{D + \text{rés. câble} + \text{rés. à l'autre extrémité}} = \frac{B}{A} = \frac{1000}{2000}.$$

C. Condensateur de 20 microfarads environ. Il est réglé par la résistance F intercalée entre le nœud H et une des armatures. L'autre armature communique avec la terre à travers le second circuit S du galvanomètre.

En raison de la grande capacité de la ligne sous-marine, il circule dans le circuit P, de H vers I, au moment de la charge, un fort courant qui se dirige vers le câble.

Mais à ce moment, le condensateur C se charge et le courant qui en résulte, circulant autour de l'aiguille du galvanomètre en sens contraire du précédent, en détruit l'effet; si le condensateur C était convenablement réglé au point de vue de la *force* et de la *vitesse*, ce qui dépend

de l'étendue du condensateur et de la grandeur de la résistance F, le miroir resterait immobile.

Le même effet se produit, mais en sens opposé, au moment de la décharge. Quand le manipulateur revient à la position de repos, le câble et le condensateur se déchargent en même temps; le circuit P est parcouru par une partie du courant de retour du câble, et le circuit S par le courant de décharge du condensateur C.

Il est assez difficile d'arriver à un réglage parfait du condensateur C; il se produit généralement des vibrations plus où moins fortes; on parvient à les détruire au moyen des condensateurs auxiliaires C′ et C″ qui sont réglés par les résistances E et H.

C′ est un condensateur de 12 ou 15 microfarads. Il est réglé par la résistance E disposée indifféremment sur l'une ou l'autre des armatures; celles-ci sont reliées, l'une au nœud I, l'autre à la tête du pont.

La différence des tensions aux points O et I détermine sur les armatures un courant de charge dont une partie s'ajoute à la charge du câble et l'autre va à la terre à travers le circuit P du galvanomètre et la résistance G.

Un courant en sens contraire se produit au moment de la décharge.

Les diverses résistances sont réglées de manière que ces courants d'induction produisent des vibrations de sens contraire à celles que n'a pu éteindre le condensateur C.

C″ est un petit condensateur de 2 ou de 2,5 microfarads. Réglé également par une résistance H, il agit d'une manière analogue au précédent.

Ce condensateur tend, par sa position, comme le condensateur C, à compenser la charge et la décharge du câble; il sert à parfaire l'équilibre à peu près obtenu déjà par les deux autres.

Le réglage est simple :

1° L'équilibre *normal* se régle d'abord au moyen de la résistance G. Il suffit de se mettre sur contact et de faire varier cette résistance jusqu'à ce que l'aiguille soit revenue au zéro.

L'expérience a démontré que, quand on travaille par courants instantanés, ce qui est le cas avec le miroir, il est préférable de ne pas avoir un équilibre normal trop parfait.

2° On règle ensuite l'équilibre de *charge* et de *décharge;* on détache pour cela les condensateurs C′ et C″ et l'on fait varier la résistance F qui règle le condensateur C (ou, au besoin, la capacité de ce condensateur) jusqu'à ce que les mouvements de l'aiguille soient à peu près éteints.

3° On rattache successivement les condensateurs C′ et C″ et l'on fait varier les diverses résistances jusqu'à ce que l'équilibre complet soit obtenu.

Cette dernière opération se fait par tâtonnements; avec un peu d'habitude, on y arrive assez vite.

Du reste, une fois l'équilibre obtenu, il suffit, pour le maintenir, de faire varier de temps en temps les résistances de quelques unités seulement.

Quand on est tout près de l'équilibre, on substitue au miroir ordinaire un miroir d'une sensibilité exagérée qui permet de se rendre mieux compte des effets obtenus en les amplifiant et, par suite, de perfectionner le réglage; on reprend ensuite le premier miroir.

Le réglage peut d'ailleurs se faire sans interrompre le service.

Le service est fait par quatre employés : un lecteur, un assistant, un employé manipulant, un second assistant.

La moyenne des transmissions était, dès le premier jour, supérieure à 50 dépêches par heure. Cette moyenne pour-

rait être beaucoup plus forte encore si les employés étaient tous également habiles; il a été échangé, en certains moments, jusqu'à 78 dépêches dans une heure.

Des expériences récentes viennent de démontrer la possibilité d'améliorer d'une manière assez simple, toutes les fois que cela sera nécessaire, l'équilibre obtenu par les moyens précédents.

Il suffit d'intercaler, entre la terre et la deuxième armature du condensateur auxiliaire C″, un galvanomètre dont le miroir, placé en face du miroir du galvanomètre de ligne, réfléchit le rayon lumineux renvoyé par ce dernier, et, par conséquent, renverse les signaux.

Une dérivation permet de régler le mouvement de l'aiguille du galvanomètre auxiliaire, mouvement qui doit être excessivement petit et se faire en sens inverse de celui du miroir du galvanomètre de ligne; il s'ensuit que les miroirs restent toujours *parallèles* pendant toutes les *vibrations* et que le point lumineux reçu sur l'écran demeure immobile.

Le galvanomètre auxiliaire, n'étant parcouru que par les courants de départ, n'affecte en aucune façon les signaux reçus du correspondant qui doit seulement *inverser* les pôles de sa pile.

Il est même possible, avec ce système, d'établir l'équilibre en supprimant le condensateur C′, mais cet équilibre s'obtient assez difficilement et il est préférable de conserver tous les moyens de réglage.

La *double réflexion* pourra sans doute être appliquée utilement sur les câbles d'une assez grande longueur; pour ceux d'une longueur moyenne, comme celui de Marseille à Alger, le réglage ordinaire suffit parfaitement.

Un résultat analogue a été obtenu par l'adjonction d'un

troisième circuit au galvanomètre différentiel; ce circuit supplémentaire, peu résistant, en fil très-fin, a été collé extérieurement, sous forme d'anneau, autour du miroir.

On pourra au besoin utiliser simultanément les deux systèmes; il suffira d'employer *deux* condensateurs C'' au lieu d'*un*. Si les résistances qui les règlent sont *inégales*, les vibrations produites seront *successives* et, comme l'équilibre résulte de vibrations qui se contrarient, on aura d'autant plus de chances de l'obtenir que ces vibrations, pour chaque courant émis, seront produites par un plus grand nombre de causes.

On voit même la possibilité de remplacer le condensateur C'' par un grand nombre de très-petits condensateurs munis de résistances différentes, dont les secondes armatures prendraient terre à travers un quatrième, cinquième, sixième, etc. petits circuits supplémentaires.

GRAMACCINI.

Nota. — Nous apprenons au dernier moment que le système *mixte* (c'est-à-dire la combinaison, représentée dans la figure, du pont avec le système différentiel) a parfaitement réussi sur le câble de Marseille à Malte, dont la longueur est presque double de celle du câble algérien et avec le *même réglage* que pour ce dernier; il n'a pas été nécessaire d'augmenter la capacité des condensateurs; il a suffi de faire varier légèrement les résistances, ce qui semblerait indiquer, comme le supposait M. Ailhaud, que, pour les courants brefs, comme ceux du miroir, la condensation ne s'établit instantanément que sur l'*extrémité voisine* de la ligne, d'où il résulte que le réglage est presque indépendant de la longueur du câble.

Les excellents résultats obtenus jusqu'ici font bien augurer du succès des expériences que l'on se propose de continuer sur des câbles d'une plus grande longueur.

Voici d'ailleurs les valeurs moyennes les plus récentes des résistances et des condensateurs pour le réglage des appareils entre Marseille et Alger, et les valeurs qui ont permis de marcher entre Marseille et Malte à la date du 13 février.

		Marseille-Alger.	Marseille-Malte.
Branche	A	2.000 ohms	2.000 ohms.
Branche	B	1.000 —	1,000 —
Rhéostat	G	4.900 —	7.560 —
—	F	10.900 —	10.100 —
—	E	2.600 —	2.410 —
—	H	5.000 —	5.680 —
—	D	1.000 —	1.000 —
Condensateur	C	21 microfarads	21 microfarads.
—	C′	16 —	16 —
—	C″	2,5 —	2,5 —
Pile		6 à 10 éléments suivant la sensibilité du miroir.	7 éléments (Malte recevant en simple).

On voit que pour marcher sur Malte, la résistance G (ligne factice) a seule été changée. Les autres sont restées sensiblement les mêmes. La capacité des condensateurs nécessaire a été la même pour Malte que pour Alger.

NOTE

SUR L'INFLUENCE DU SENS DU COURANT

DANS LES TRANSMISSIONS TÉLÉGRAPHIQUES (*).

On admet généralement que, par un temps serein, l'air est chargé d'électricité positive dont la tension augmente ou diminue avec l'état hygrométrique de l'atmosphère et suivant la hauteur au-dessus du sol. M. Thomson, dans son discours d'ouverture de la session de 1874 de la société anglaise des ingénieurs télégraphiques, émet l'opinion que les couches inférieures de l'atmosphère sont électrisées négativement.

Voici une expérience que j'ai faite plusieurs fois sur la ligne de Gap à Grenoble (100 kilom.) et qui m'a toujours donné des résultats concordants. Je me suis servi d'un galvanomètre Vinay (assez sensible pour indiquer par ses déviations si le fil voisin travaillait) et d'une pile Callaud de 30 éléments.

1° Le fil isolé à Grenoble, avec le courant positif j'ai obtenu un courant de retour très-sensible à l'appareil Morse ; avec le courant négatif, le courant de retour disparaissait.

2° Avec le courant positif, l'aiguille du galvanomètre ccusait des pertes variant de 1 à 5°. Cette aiguille arri-

(*) Nous croyons devoir rappeler que les opinions émises par les auteurs des articles insérés sont purement personnelles.

vait du reste promptement à une immobilité presque absolue.

3° Avec le courant négatif, la déviation a toujours été au moins double de la précédente (de 3 à 10°). Si l'aiguille arrivait un instant à l'immobilité, elle reprenait bientôt son mouvement oscillatoire avec un angle de 3 à 5° d'amplitude.

4° Le fil mis à la terre à Grenoble, les deux courants donnaient à peu près la même déviation ; je dis à peu près, car si, avec le courant positif, l'aiguille du galvanomètre se fixait, elle conservait, avec le courant négatif, une mobilité de 4 à 5° d'amplitude et en prenant la déviation moyenne j'obtenais 1 à 2° en moins.

Si nous supposons les vapeurs de l'atmosphère électrisées positivement, au moment où le fil est mis en communication avec le pôle positif de la pile, la surface extérieure du fil se charge d'électricité positive, les molécules de vapeur, chargées d'électricité du même nom, sont repoussées et il se forme autour du fil une enveloppe d'air sec, mauvais conducteur. Dans cette situation, il peut être assimilé à un câble dont l'enveloppe diélectrique serait une couche très-mince d'air sec.

L'intensité du courant de décharge ou de retour dépend alors, non-seulement de la capacité électrique du fil, mais encore du pouvoir condensateur de la couche d'air sec qui l'entoure.

Si l'on change le pôle de la pile, le courant de retour ne se manifeste plus. La surface du fil se charge d'électricité négative. Les molécules de vapeur chargées d'électricité positive sont attirées contre le fil et neutralisent, au moins en partie, le fluide négatif libre qui se trouve à la surface.

Si la mobilité de l'atmosphère n'était pas incessante,

la déviation de l'aiguille serait fixe dès que l'état d'équilibre entre les quantités d'électricité négative émises par la pile et neutralisées par les molécules de vapeur serait atteint. Mais l'atmosphère est toujours en mouvement, les quantités de molécules de vapeur qui arrivent au contact du fil varient à chaque instant, l'aiguille du galvanomètre n'arrive pas à l'état stable.

Dans une deuxième expérience, la déviation obtenue avec le courant négatif a toujours été de deux à trois fois plus forte que celle obtenue avec le courant positif.

Le phénomène qui se produit ne peut être assimilé à une dérivation ; car si cela était, lorsque le fil n'est plus isolé, la déviation devrait être plus forte avec le courant négatif (4e expérience).

C'est donc bien une absorption ou neutralisation d'électricité qui a lieu par l'intermédiaire des molécules de vapeur. La tension du fluide à l'intérieur du fil ne change pas ; la partie qui se porte à la surface est renouvelée par la pile suivant la capacité électrostatique du conducteur.

J'ai obtenu des résultats analogues avec des temps couverts et brumeux, même pluvieux.

Je crois donc que si, dans quelques cas particuliers ou en quelques points spéciaux et limités, on a constaté l'existence de l'électricité négative dans l'atmosphère, c'est toujours l'électricité positive qui domine quand on considère une certaine étendue.

En théorie, le temps nécessaire à la charge d'un fil est égal à celui de la décharge. Dans les conditions de mon expérience, j'ai assimilé le fil sur lequel on envoie un courant positif à un câble ayant pour enveloppe diélectrique une couche d'air sec. Le maximum d'épaisseur de cette couche est atteint dès que le fil a sa charge-limite. Si alors le courant est interrompu et le fil mis instantané-

ment à la terre, il commence à se décharger; mais les actions électriques réciproques continuent entre sa surface et les molécules de vapeur; le fil ne revient à son état normal que lorsque ces molécules, suivant le mouvement de l'atmosphère en n'obéissant plus à la force répulsive du fluide répandu à la surface, arrivent de nouveau en contact avec lui. Le temps de la décharge doit être alors plus long que celui de la charge, et c'est probablement là l'explication du fait énoncé par Guillemin (après expériences sur une ligne de 500 kilom. environ) :

Que le fil met à se décharger un temps à peu près quadruple de celui qu'il met à se charger.

Si, avec le courant positif, le temps de la décharge est en effet plus long que celui de la charge, inversement avec le courant négatif, le temps de la décharge devra être moins long que celui de la charge. Tout au moins, ce résultat s'explique par les neutralisations de fluide qui s'opèrent sur le fil par l'intermédiaire des molécules de vapeur et qui annihilent le courant de retour.

Il paraîtrait alors logique de substituer sur les longs fils et pour les appareils dont la vitesse de transmission dépend d'une succession rapide de signaux, l'emploi des courants négatifs aux courants positifs. Les divers mécanismes qui compliquent le jeu de ces appareils et qui ont pour but, soit de donner une communication à la terre aussitôt après l'émission du signal, soit d'envoyer sur le conducteur un courant de sens inverse diminuant l'intensité du courant primitif, ne seraient peut-être pas plus nécessaires.

La durée de l'état variable est-elle différente suivant qu'on emploie l'un ou l'autre courant?

Cette durée, indépendante de la force électromotrice de la pile, est proportionnelle au coefficient de charge ou

capacité électrostatique du fil, au carré de sa longueur, et en raison inverse de sa conductibilité absolue.

Dès que le fil est mis en relation avec le pôle positif de la pile, l'électricité se répand sur le conducteur, la plus grande partie se porte à la surface qui s'électrise proportionnellement à sa capacité électrostatique, l'enveloppe d'air sec se forme, son pouvoir condensateur agit instantanément (expérience de M. Gaugain) et augmente cette capacité. La durée de l'état variable semble donc devoir être augmentée.

Avec le courant négatif, une partie de l'électricité libre qui est sur la surface est neutralisée par l'électricité contraire des molécules de vapeur; mais la capacité électrostatique absolue du fil ne change pas et les quantités neutralisées sont, à chaque instant, renouvelées par la source électrique.

Ed. Faure,
Inspecteur des télégraphes, à Gap.

CHRONIQUE.

La Société des Ingénieurs télégraphiques à *Londres*.

Le président sortant, M. Walker, et le Conseil de la Société ont donné, comme d'habitude, leur soirée annuelle dans les salons Willis. M. Walker, assisté du professeur Abel, le nouveau président élu, recevait les invités, parmi lesquels on remarquait sir James Anderson, sir Charles Bright, M. H. Weawer, M. Ansell, M. Fischer et beaucoup d'autres personnages intéressés aux progrès de la télégraphie commerciale, ainsi qu'un grand nombre de savants et de télégraphistes militaires. Il semble même que le succès de la Société, qui compte huit cents membres, est dû à l'élément militaire plus qu'à l'élément civil, fait que l'on ne saurait constater sans intérêt ni satisfaction au moment où les bureaux de la guerre s'occupent de perfectionner les méthodes de la télégraphie militaire. On remarquait dans cette soirée, comme dans les précédentes, un grand déploiement d'instruments télégraphiques et autres appareils se liant à la télégraphie. Un ou deux seulement de ces instruments constituaient une invention vraiment neuve, et le plus intéressant semblait être le nouveau modèle de grappin pour câble, exposé par la compagnie *Western and Brazilian Telegraph*, et expliqué par M. A. Jamieson, qui, depuis quelques années, a pris part aux opérations des compagnies télégraphiques à l'étranger. Le relèvement d'un câble est une opération peu connue, et dont bien des gens ignorent les difficultés spéciales. La rupture des grappins est une de ces difficultés graves, et elle se présente fréquemment; l'invention de M. Jamieson a pour but d'y remédier. Le grappin ordinaire est muni de pattes

rigides; quoique combinées de façon à saisir et amener le câble à la surface, ces pattes sont cependant susceptibles de crocher dans les fonds rocheux et de se briser alors sous l'effort du navire. D'où il arrive que les navires armés pour les câbles sont obligés d'avoir un grand approvisionnement de grappins; souvent ces navires retournent au port sans avoir rempli leur mission, tous leurs grappins étant perdus ou brisés. M. Jamieson a muni ses grappins de pattes à charnières gouvernées par un ressort, lequel est réglé à une tension déterminée, de sorte que quand le grappin croche une roche, il se dégage de lui-même. Cette invention et celle du nouveau compas marin, de sir W. Thomson, ont été fort remarquées.

(Le *Times*, 20 décembre 1876.)

Compas de navire.

Par sir William Thomson.

Sir William Thomson a imaginé une nouvelle construction de compas de navires. Le disque est très-léger; la partie centrale est un simple châssis en fil métallique, et il n'y a de continu que l'anneau qui porte les lettres et les divisions. Au lieu d'une large aiguille, il y en a plusieurs petites qui ne sont pas plus larges que des aiguilles à reprise ordinaires, et qui sont disposées parallèlement l'une à l'autre. Ces petites aiguilles ont l'avantage de ne pas exercer une induction sensible sur les deux grosses boules de fer doux qui font partie des dispositions destinées à compenser le fer du navire. Cette induction est, dans les compas ordinaires, une grande source de complication et d'erreur. Il y a une disposition spéciale pour faciliter l'observation des azimuts; et les aimants mobiles, qui sont employés pour l'une des corrections, sont à charnière en leur milieu, de manière que, lorsqu'on les ploie pour les remettre dans leur boîte, leurs pôles opposés sont réunis et n'exercent aucune influence perturbatrice sur les compas.

(*Les Mondes*.)

De la force portative des aimants *en fer à cheval.*

Par M. Van der Willigen (*Comptes rendus* du 27 novembre 1876).

Pour saturer des aimants en fer à cheval, je les place verticalement avec leurs pôles sur les pôles d'une bobine de Ruhmkorff, dont j'ouvre et je ferme trois ou quatre fois de suite le circuit; le magnétisme de mes aimants, de dimensions ordinaires, a atteint alors son maximum même de sursaturation. Après la dernière ouverture, je fais glisser l'aimant, prudemment et sans le soulever, vers les bords des plans polaires de l'électro-aimant. Arrivé au bord, je pose le portant bien nettoyé devant l'aimant, en inclinant celui-ci lentement, tandis que ses pôles restent encore en contact avec ceux de l'électro-aimant. Aussitôt que le portant a fermé l'aimant, on peut enlever celui-ci sans le moindre effort; sa force portative est alors à peu près d'un tiers plus grande que la force portative permanente ordinaire des meilleurs aimants de M. Van Wetteren.

Les fabricants d'aimants, à l'époque où la méthode de la touche par des aimants permanents était la seule connue, avaient déjà observé cet état de sursaturation des aimants en fer à cheval, qui se dissipe au premier arrachement du portant. Haecker dit même que la force portative dans cet état est à peu près le double de la force portative permanente, ce qui est d'accord avec mes observations, puisque la force portative permanente de ces aimants n'est que les deux tiers de celle des aimants de M. Van Wetteren.

Sur la mesure de la résistance électrique *des liquides au moyen de l'électromètre capillaire.*

Par M. Lippmann.

(*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 17 juillet 1876.)

On sait que, dans les méthodes en usage pour mesurer la résistance des liquides, on opère, non sur une simple colonne

liquide, mais sur le système complet formé par le liquide et par les électrodes qui y amènent le courant. La polarisation de ces électrodes intervient ainsi dans chaque expérience; mais on tient compte de cette polarisation au moyen d'expériences doubles. La méthode que j'ai l'honneur de soumettre à l'Académie n'exige qu'une expérience; elle est indépendante de la polarisation des électrodes.

On peut reconnaître l'égalité de deux résistances r, r' en se servant de la loi de Ohm-Kirchhoff: les résistances r et r' étant placées dans un même circuit de pile, si l'on constate, au moyen d'un électromètre sensible, que la différence des potentiels aux extrémités de r est égale à la différence des potentiels aux extrémités de r', on en peut conclure que r est égale à r'. Dans nos expériences, r est la résistance à mesurer, r' est une échelle de résistances métalliques graduées. Le liquide sur lequel on opère est contenu dans un tube de verre cylindrique terminé par deux électrodes métalliques, lesquelles servent à amener le courant; ces électrodes sont planes et perpendiculaires à l'axe du tube, afin que les surfaces équipotentielles du tube leur soient parallèles. On a foré dans la paroi du tube deux trous fins p, p', destinés à mettre les points correspondants de la colonne liquide en communication avec les pôles d'un électromètre capillaire; au moyen d'un commutateur à godets, on peut mettre les pôles de l'électromètre en communication successivement avec p, p' ou avec les extrémités d'une boîte de résistances graduées r'. On fait passer le courant d'un élément Bunsen à travers le tube plein de liquide et la boîte r'. On débouche des résistances dans cette boîte jusqu'à ce que, en faisant basculer le commutateur, on ne produise plus aucune variation dans la position de l'index de l'électromètre. En ce moment la somme des résistances débouchées en r' est égale à la résistance de la colonne liquide contenue dans le tube et comprise entre deux sections droites menées par les points p et p'; on remarquera (c'est le point essentiel) que cette colonne liquide pp' ne contient aucune électrode traversée par le courant; c'est la portion moyenne d'une colonne liquide homogène. La polarisation n'intervient donc pas. La communication électrique entre les points p, p' et les pôles de l'électromètre est établie par l'in-

termédiaire d'ajutages latéraux mastiqués sur le tube de verre, remplis du même liquide que le tube, et aboutissant à des électrodes composées à la du Bois-Reymond. Ces électrodes composées sont plus commodes que des électrodes simples, à cause de leur constance; elles ne servent pas ici à éviter la polarisation par le courant de la pile, car ce courant ne les traverse pas. Avant et après chaque détermination, on vérifie directement avec l'électromètre qu'elles ne présentent pas une différence électrique égale à $\frac{1}{1000}$ d'un élément à sulfate de cuivre.

La méthode qui vient d'être décrite a fourni des résultats numériques que j'aurai l'honneur de communiquer à l'Académie dans une note ultérieure. La précision en a été suffisante pour faire ressortir les petites erreurs de graduation commises dans la construction de l'échelle de résistances métalliques qui nous servait.

L'emploi de l'électromètre a un avantage particulier dans la mesure des grandes résistances : c'est que la sensibilité ne diminue pas quand même la résistance augmenterait indéfiniment. Dans le cas où l'on veut observer des variations brusques de résistances, l'électromètre capillaire a encore cet avantage particulier que les mouvements de l'index du mercure sont périodiques et sensiblement instantanés. On a ainsi pu observer que la conductibilité électrique d'un fil placé dans une bobine de fer varie brusquement au moment où l'on ouvre et où l'on ferme le courant dans cette bobine. De même on a pu constater directement que l'action de la lumière sur la conductibilité du sélénium est sensiblement instantanée. La colonne de mercure de l'électromètre se déplace brusquement chaque fois qu'on intercepte ou qu'on laisse passer le rayon de soleil qui éclaire le sélénium. Les actions du magnétisme et de la lumière étant instantanées, on en peut conclure qu'elles ne sont pas dues à des variations de température.

Ces expériences ont été faites au laboratoire des recherches physiques de la Sorbonne.

BIBLIOGRAPHIE.

AGENDAS DUNOD A 1 FRANC

(*Rendus franco*, 1 *fr.* 25.)

N° 1. — Construction. — Bâtiment. — Ponts et chaussées.
N° 2. — Mines et métallurgie. — Exploitation. — Fonderies, etc., etc.
N° 3. — Arts et manufactures : (A) Mécanique. chemins de fer. — Agriculture, Marine, etc., etc.
N° 4. — » » (B) Chimie. — Industrie. — Pharmacie, etc., etc.
N° 5. — Télégraphes. — Postes. — Transports.

AGENDA N° 5. — **Télégraphes, postes, transports** à l'usage des télégraphistes, électriciens, agents des postes, expéditeurs et entrepreneurs de transports.

Note de l'éditeur.

Ce recueil est divisé en trois parties :

La première partie est à l'usage des expéditeurs de dépêches, des agents des Télégraphes, des agents des Postes et des agents des Chemins de fer chargés d'un service télégraphique. Elle renferme les renseignements les plus indispensables sur le réseau télégraphique du monde, les tarifs, les règles de la correspondance privée par le télégraphe, les installations des bureaux simples et le service de la Poste.

La seconde partie concerne plus spécialement les télégraphistes, électriciens, ingénieurs, constructeurs de lignes et d'appareils, inventeurs, fournisseurs de matériel, entrepreneurs, actionnaires de lignes sous-marines, etc. On y a condensé, dans un petit nombre de pages, les tables, formules pratiques et renseignements usuels dont ont besoin à chaque instant les personnes qui s'intéressent d'une manière quelconque au développement des modes de communication rapide de la pensée. Parmi les documents consultés, nous citerons : les instructions de l'administration des télégraphes, les cours professés à cette administration, les cahiers des charges des fournitures du matériel, les ouvrages de MM. Blavier, Boussac, Bontemps, les *Annales télégraphiques*, le *Journal télégraphique international*, le *Formulaire électrique* de MM. Clark et Sabine, les *Traités de télégraphie ou d'électricité* de MM. Culley, Jenkin, Preece, etc. Les données extraites des auteurs anglais ont été converties en mesures françaises.

La troisième partie enfin donne tous les renseignements pratiques relatifs aux *transports* en grande et en petite vitesse, sur les tarifs généraux, tarifs spéciaux, etc. Elle résume brièvement les obligations réciproques des voyageurs et des compagnies.

Un tableau spécial indique les distances de Paris des chefs-lieux de département et d'arrondissement de toute la France ; la distance par rails et la distance d'application adoptée par les chemins de fer.

TABLE DES MATIÈRES.

unités absolues. — Lois de Ohm. — Courants dérivés, dérivations des galvanomètres, lois de Kirchoff, pont de Wheatstone, piles communes, pertes. — Mesure des courants permanents : galvanomètres. — Formule de mérite, constante d'un galvanomètre. — Constantes voltaïques des piles. — Forces électromotrices. — Table des forces des piles les plus employées. — Résistance intérieure. — Résistance des conducteurs : pont de Wheatstone, galvanomètre à miroir. — Mesure de la conductibilité spécifique. — Table de la conductibilité relative de différents métaux à 0° centig. — Table donnant la résistance en ohms de divers métaux et alliages à 0° centig. — Mesure des courants instantanés, charge, décharge, capacité inductive. — Capacité inductive spécifique des diélectriques. — Capacité des câbles sous-marins. — Perte de charge d'un câble. — Isolement par la perte de charge. — Vitesse de transmission à travers les câbles.

VIII. *Essais électriques.* — Essais électriques des lignes aériennes. — Essais électriques des lignes sous-marines. — Recherche des dérangements. — Jonctions de plusieurs conducteurs; essais des soudures des câbles.

IX. *Matériel des lignes sous-marines.* — Conducteur (cuivre). — Résistance par mille marin à 24° centig. des torons employés pour les âmes. — Diélectriques. — Table faisant connaître $\frac{D}{d}$ connaissant $\frac{P}{p}$. — Table des valeurs de $\log\frac{D}{d}$. — Vitesse de transmission. — Poids du diélectrique par mille marin dans les âmes usuelles. — Spécification des âmes des câbles de pose récente. — Composition Chatterton. — Chanvre. — Fer. — Diamètre des fils de fer de la jauge de Birmingham. — Fils d'acier. — Fil composé. — Cordes de fils de fer. — Spécification des fils de fer pour armatures. — Composition de Clark. — Spécification des câbles et prix de revient. — Immersion des câbles. — Eau de mer.

X. *Matériel des lignes souterraines.* — Câbles souterrains. — Lignes en galeries et en tranchées. — Spécification et pose des tuyaux. — Bordereau des prix applicables aux travaux d'établissement d'une ligne souterraine en tranchée.

XI. *Matériel des lignes aériennes.* — Fils de fer galvanisés. — Manchons de raccordement. — Poteaux en bois injectés. — Isolateurs. — Consoles et vis. — Tension des fils suspendus; flèche; distance maxima des supports. — Effets de l'élasticité et de la température. — Tensions à adopter suivant la température. — Appuis de hauteurs différentes; portées inégales. — Pression sur les supports : ligne droite, courbe. — Résistance des poteaux aux tractions horizontales. — Angles minimums des fils, hauban, poteaux couplés, contre-fiche. — Construction des lignes aériennes. Renseignements numériques. — Appuis métalliques.

XII. *Matériel de poste.* — Constantes pratiques des piles. — Résultats de la Commission allemande de 1867. — Consommation des piles. —

Équivalents par rapport à l'hydrogène. — Matériel de piles. — Électro-aimants; formules pour leur construction. — Diamètres des fils de cuivre recouverts de soie les plus employés. — Résistance des électro-aimants d'appareils.

XIII. *Série des prix du matériel télégraphique usuel.* — Matériel de ligne et outillage. — Matériel de poste.

XIV. *Tables numériques.* — Table qui donne les nombres 1 à 120, leurs carrés et leurs cubes, leurs racines carrées et leurs racines cubiques, la longueur des circonférences et la mesure des cercles construits sur ces nombres comme diamètres. — Logarithmes des nombres de 1 à 100. — Valeurs diverses. — Formules de la chute des corps et du pendule. — Racines carrées et cubiques de quelques fractions. — Racines et puissances du nombre π. — Table des sinus et cosinus naturels de degré en degré sexagésimal. — Table des tangentes et cotangentes naturelles de degré en degré sexagésimal.

XV. *Tableau des mesures et monnaies.* — Anciennes mesures françaises. — Mesures et monnaies anglaises. — Mesures diverses. — Monnaies usuelles.

XVI. *Données physiques.* — Thermomètres Réaumur et Fahrenheit. — Densités des gaz par rapport à l'air. — Densités des vapeurs par rapport à l'air. — Densités des liquides par rapport à l'eau prise à 4°. — Densités des solides. — Coefficients de dilatation linéaire. — Tension de la vapeur d'eau. — Vitesse du son et de la lumière. — Points de fusion. — Points d'ébullition. — Météorologie. — Températures. — Pression des vents. — Neige. — Résistance des métaux et des bois. — Prix courant des métaux.

TROISIÈME PARTIE. — TRANSPORTS.

Grande vitesse.

Bases du tarif général des voyageurs. — Frais accessoires de chargement et déchargement. — Minimum de taxes. — Droit de quittance de 10 centimes. — Enregistrement. — Timbre de récépissé. — Prise et remise à domicile. — Impôt. — Tarifs spéciaux. — Billets d'aller et retour, de bains de mer, de trains de plaisir, de voyages circulaires. — Cartes d'abonnement. — Places de luxe. — Trains spéciaux. — Denrées de halle. — Huîtres et poissons frais. — Prix de transport des voyageurs par chemins de fer comparés aux prix des diligences et des bateaux à vapeur. — Obligations des voyageurs et des Compagnies. — Compartiments réservés aux dames seules, aux fumeurs, aux chasseurs, aux chiens. — Accidents. — Bagages.

Petite vitesse.

Bases du tarif général. — Tarifs exceptionnels. — Plaque d'or et d'argent, mercure, broderies, dentelles, tableaux et objets d'art. — Monnaies de billon — Marchandises encombrantes. — Matières inflammables. —

Animaux dangereux. — Objets dangereux. — Masses indivisibles. — Frais accessoires. — Enregistrement. — Manutention. — Pesage. — Magasinage. — Stationnement des wagons au départ, — Stationnement des wagons à l'arrivée.

Conditionnement des marchandises.— Notes d'expédition. — Payement des frais de transport. — Déboursés.— Remboursements. —Lettres de voiture. — Délais de transport. — Tarifs spéciaux. — Comparaison entre les taxes du cahier des charges et les tarifs appliqués. — Tarifs communs et internationaux.

Notions sur la remise de la marchandise au chemin de fer. — Retards, avaries, manquants, pertes. — Livraison. — Livraison sous réserve. — Refus. — Avis de refus à l'expéditeur. — Indemnités.

Liste des préfectures et sous-préfectures possédant une gare de chemin de fer.

Liste des préfectures et sous-préfectures non pourvues de gares de chemins de fer, avec indication des gares qui les desservent.

Contentieux des chemins de fer.

Agenda proprement dit. — Bibliographie.

BULLETIN ADMINISTRATIF.

Service télégraphique de la Cochinchine et du Cambodge.

(Extraits de rapports adressés par M. Leclerc, chef du service par intérim, à la date du 25 oct. 1876, et par M. Demars, chef du service, à la date du 10 déc. 1876.)

Construction de la section de Cantho à Daingaï et Soctrang.

Saigon, 25 octobre 1876.

Un rapport de M. Demars, du 2 mars 1876 (voir *Annales*, tome III, pages 291 et suiv.), a décrit le parcours de la section de Longxuyen à Cantho, construite au mois de janvier de cette année. De Cantho à Daïngaï la rive change un peu de physionomie : au lieu de villages populeux, on n'aperçoit plus de loin en loin que quelques cases éparses ; la végétation devient plus rabougrie ; le pays et ses rares habitants ont un aspect misérable ; les arroyos qui coupent la rive jusqu'au Rach Caisach ne sont plus que des ruisseaux déserts.

De Caisach à Daingaï, la végétation change et devient tellement épaisse qu'il serait impossible, sans de grandes dépenses et beaucoup de temps, de frayer un passage. Un chemin au milieu de cet inextricable fouillis d'arbres, où domine le palétuvier, serait d'ailleurs un travail superflu, car ces parages hantés par les tigres inspirent aux surveillants indigènes une terreur telle qu'ils n'oseraient s'y aventurer.

Il fallait trouver un autre moyen de faire franchir à la ligne ce passage difficile. Dans les premières lignes construites en Cochinchine, on a eu souvent recours à un procédé qui consiste à suspendre le fil aux branches des arbres au moyen de l'isolateur appelé isolateur-anneau, lequel, par sa forme, ne se prête pas commodément à une semblable installation.

— L'emploi de ce procédé, rappelé dans le numéro de janvier-février 1876 des *Annales télégraphiques*, peut trouver sa raison d'être dans la nécessité d'établir à la hâte une communication télégraphique pressante, mais en tout autre cas il ne saurait convenir, sous le climat humide et pluvieux de la Cochinchine. L'isolement du fil exige des élagages incessants; cet isolement, en temps de pluie, est nul aux points de suspension, par suite des positions variables que prend l'isolateur déjà défectueux par sa propre forme. Les ruptures sont inévitables, lorsque les branches qui soutiennent les isolateurs sont tourmentées par le vent.

Cette disposition semble devoir être définitivement condamnée.

Voici le système que j'ai employé :

Parmi les arbres les plus avancés vers le lit du fleuve, on a choisi, de 100 mètres en 100 mètres, les plus droits et les plus forts, on les a complétement étêtés, et des poteaux de 9 mètres ont été cloués contre les troncs, au moyen de broches en fer de $0^m,30$; une ligature en gros fil de fer enveloppe le tout, maintient la jointure et empêche l'éclatement du bois ; une forte couche de goudron épaissi avec du sable fin recouvre la ligature et la préserve d'une trop rapide oxydation.

La hauteur du fil, environ 10 mètres, le tient hors des atteintes de la végétation avoisinante très-épaisse, mais peu élevée. On voit combien cette installation facilite la surveillance en bateau.

Le procédé employé pour fixer les poteaux leur assure une solidité certainement plus grande que la plantation dans la plupart des terrains vaseux de la Cochinchine. En outre, si l'on considère que les bois enterrés périssent presque toujours à la base, au ras du sol, il y a lieu d'espérer que ces poteaux ainsi soustraits au contact du sol auront une durée plus grande que les poteaux plantés.

Les arbres décapités croîtront certainement encore ; mais des exemples attestent qu'en pareil cas, la force expansive de la pousse se manifeste simplement, au-dessus et au-dessous de la partie étranglée, par la formation de bourrelets ; il n'y a pas à craindre de la voir briser la ligature.

Quant aux rameaux qui pourront renaître sur le tronc, il faudra bien du temps avant qu'ils atteignent la hauteur du fil.

Accidents survenus aux câbles de Daingaï à Bactrang.

Ces deux câbles ont été posés dans le mois de janvier 1875.

Vers la fin de la même année, le bout atterrissant à Bactrang disparut; après avoir essayé en vain de le draguer au large avec des grappins, je le relevai en commençant par l'autre bout. Quoique ayant à peine un an d'existence, il était déjà profondément envasé vers le milieu du fleuve, ce qui explique l'insuccès des grappins. Arrivé à environ 600 mètres de Bactrang, il ne se levait plus que péniblement, il était engagé dans un arbre énorme, dont les branches émergèrent à la surface de l'eau. L'arbre était trop lourd pour être soulevé entièrement, plusieurs amarres se rompirent; ne pouvant voir à laquelle des branches il était accroché, je les fis couper une à une à mesure qu'elles arrivaient hors de l'eau; après deux jours de travail, on aperçut enfin le câble pris dans le coude d'une branche même. Une fois la branche coupée, le câble fut dégagé et l'arbre s'en alla en dérive et disparut. A ce moment le courant était ascendant et l'arbre dut remonter en aval jusqu'à l'heure du renversement de marée. On va voir ce qui en advint.

Le câble fut ensuite réparé et remis en place sans difficulté.

Au mois de mai dernier il se trouva de nouveau interrompu; au point d'atterrissement de Bactrang, on remarquait une tension extrême dans la direction d'aval. Levé en partant de Bactrang, à 600 mètres apparut encore un arbre qu'on reconnut bientôt pour être le même qu'on avait laissé s'en aller en dérive dans l'opération précédente. — La moitié de ses branches coupées, d'autres branches sur lesquelles étaient noués des débris d'amarres rompues, ne laissaient aucun doute sur l'identité. Le câble était tellement entortillé dans l'arbre qu'il fallut couper presque tout ce qui restait de branches pour le dégager. Cette fois, l'arbre, au lieu d'être abandonné au courant, fut retenu solidement, conduit à cinq milles en aval et lâché seulement au commencement du courant descendant, de façon qu'il ne revînt pas sur le câble.

Le retour de cet arbre sur le câble après un intervalle de plus de six mois s'explique facilement par les mouvements de marée. — Entraîné la première fois en amont, quelques heures plus tard le courant descendant le ramena en aval ; il butta contre le câble, remonta encore avec le courant ascendant, puis revient de nouveau, et ce va-et-vient dura sans doute plusieurs mois, jusqu'à ce qu'enfin une branche s'étant engagée dans le câble, il y resta définitivement arrêté. Alors, roulé alternativement d'aval en amont et d'amont en aval à chaque renversement de courant, le câble s'entortilla chaque jour davantage dans ses branches.

Ces tiraillements renouvelés quatre fois par jour avaient produit une rupture de l'enveloppe de gutta-percha à l'intérieur d'une soudure mal faite.

Le mois suivant une avarie semblable interrompit également le câble de Daingaï.

Antérieurement, celui de Longxuyen, situé plus haut, s'était trouvé compromis par la même cause, mais il avait pu être dégagé à temps.

Ces accidents successifs font voir quel sort est réservé aux câbles du Bassac, si une surveillance vigilante ne prévient les périls qui les menacent. L'observation a fait voir que quels que soient le poids et le volume des arbres qui viennent les heurter, l'avarie, heureusement, n'est jamais immédiate ; c'est à la longue, par des chocs souvent répétés, que la rupture ou l'arrachement a lieu ; il est donc permis d'espérer que par des visites fréquentes aux points d'atterrissement, et en relevant le câble à temps lorsqu'on remarquera une tension inaccoutumée, on pourra rendre les interruptions beaucoup plus rares.

Réfection partielle des sections de Mytho à Bentré et de Bentré à Travinh.

État des sections avant la réfection. — En quittant Mytho, la ligne franchit le fleuve antérieur au moyen de deux câbles de 7 à 800 mètres chacun. Entre ces deux câbles un fil aérien posé sur arbres traversait l'île de Nae, très-basse, vaseuse et boisée. Il va sans dire que les surveillants

oubliaient souvent de visiter ce passage embroussaillé et fangeux.

Entre le fleuve et le bas du Balaï, elle suit un chemin étroit et couvert. Les trois quarts des suspensions étaient sur arbres. Dans le Balaï est immergé un câble de 400 mètres. Depuis le Balaï jusqu'à Bentré, le fil est sur poteaux et côtoie une assez bonne route.

Après Bentré, tout le long de l'arroyo de ce nom, des arbres servaient d'appuis.

Près de l'entrée de cet arroyo atterrit un câble qui traverse le Ham luong (bas du fleuve antérieur). La rive droite du Ham-luong est très-boisée, mais tellement basse qu'à marée haute une embarcation légère peut pénétrer sous bois jusqu'à un kilomètre dans l'intérieur. On avait suspendu le fil aux branches des arbres voisines du bord ; il en était de même le long de l'arroyo de Mocaï.

De Mocaï à Thom, la ligne est sur poteaux ; on s'était servi des arbres entre Thom et le Bokien (autre bras du fleuve antérieur) ; au delà du câble de Bokien, elle continue jusqu'à Travinh sur poteaux.

Réparations et changements. — Le système de poteaux cloués à des arbres décapités précédemment employé à Daingaï a été appliqué :

1° Sur le contour oriental de l'île de Coulao-Nae ;

2° Le long de la rive du Ham-luong,

3° Et sur le bord du petit arroyo de Thom.

Ces parties de ligne où des pertes existaient en tout temps et où les ruptures étaient trop fréquentes, sont aujourd'hui dans un état d'isolement et de solidité qui rendra les communications plus régulières, en même temps que leur position plus accessible facilitera la surveillance.

Des poteaux ont été plantés et substitués aux arbres :

1° Entre le fleuve et le Balaï ;

2° Le long de l'arroyo de Bentré ;

3° Le long de l'arroyo de Mocaï.

Dans les parties droites, lorsque les arbres assez forts se trouvaient à proximité, on a employé quelquefois des cloches sans support avec gorge à la partie supérieure, pour permettre la suspension aux arbres par des fils de fer, et crochet pour le

fil de ligne, en ayant soin de ne jamais en placer plusieurs consécutivement.

Typhon des 5 *et* 6 *octobre* 1876.

Les 5 et 6 octobre, un typhon a passé sur le Sud de la Cochinchine, se dirigeant du Nord-Est au Sud-Ouest, et a causé des dégats considérables aux lignes télégraphiques. Les réparations ont été effectuées avec une célérité que l'amiral-gouverneur a récompensée par de nombreuses gratifications aux surveillants européens et annamites.

Détails sur le typhon des 5 *et* 6 *octobre* 1876.

Saïgon, 10 décembre 1876.

Le 5, vers huit heures et demie du matin, la station télégraphique de Baria et celle du phare Saint-Jacques signalaient un coup de vent violent du N.-O. Vers midi le vent augmentait sensiblement; le baromètre à 754 millim. avec tendance à baisser. A trois heures du soir, les rafales prirent un caractère d'une violence extrême; la mer était énorme; la pluie chassant horizontalement pénétrait partout; hauteur barométrique, 750. — A quatre heures, baromètre tombé à 740. La communication entre le Cap et Saïgon interrompue.

A partir de ce moment les grandes rafales du N.-O. ne cessèrent plus. Les cases du village du Cap défoncées, la toiture de la maison du télégraphe anglais en partie enlevée.

A sept heures et demie du soir, un calme plat succéda sans transition aucune à la tourmente. Après une demi-heure de ce calme, plus effrayant que la tempête elle même, le vent sauta au N.-E. avec furie. A onze heures, il passa au S.-E., après avoir fait le tour du compas, et souffla avec violence jusque vers trois heures du matin.

A quatre heures, il était tout à fait tombé.

Les dégats sont considérables.

Le village du cap Saint-Jacques a été entièrement détruit; les cocotiers renversés encombraient les routes; les arbres

de la montagne abattus; les herbes semblaient avoir été arrachées, toute la végétation avait l'aspect brûlé par l'incendie; neuf grandes jonques annamites brisées sur la côte, les équipages noyés, deux bateaux pilotes français perdus, mais les équipages sauvés.

On ignore s'il y a eu des sinistres de voiliers.

Du Cap à Baria, la ligne a été presque complétement détruite, toute l'installation de poteaux mâtés qui supporte les fils au-dessus du bras du Cualap a été enlevée, en partie éparpillée sur les bancs, en partie entraînée à la mer.

Trente-trois poteaux renversés du Cualap au Cap.

Du Cap au Phare, les poteaux et le fil ont été jetés dans les ravins qui bordent la route.

De Baria à Longthanh, outre les poteaux renversés et brisés, un nombre considérable d'arbres déracinés ont été roulés en dehors de la route, entraînant les fils rompus et entortillés autour de leurs branches.

De Saïgon au Benluc, vingt-quatre poteaux renversés.

Du Benluc à Tanan et Mytho, quatre vingt-neuf poteaux couchés par terre, dont un certain nombre roulés dans les rizières avec le fil autour.

L'un des poteaux mâtés qui supportent le fil à Tanan, au-dessus du Vaico, brisé en plusieurs morceaux.

Près de Mitho, beaucoup de cocotiers renversés sur le fil.

Du Benluc à Gocong et Mitho, moins de dégâts que sur les lignes précédentes.

Une trentaine de poteaux renversés ou brisés, sept ruptures de fil, la guérite du câble de Phuoc Yen jetée par terre.

De Mytho à Bentré, trois guérites de câbles renversées.

La partie de cette ligne qui se trouve entre Bentré et le Balaï a été entièrement jetée par terre. Dans le voisinage du Balaï, il a fallu renoncer à retirer le fil enchevêtré dans les arbres renversés.

Dans l'enceinte de Mitho, tous les fils ont été rompus, treize poteaux renversés, les stores de la maison du télégraphe arrachés, la palissade et le portail abattus.

En dehors des lignes qui viennent d'être indiquées, les dégâts ont été bien moins considérables.

De Bentré à Travinh, la ligne n'a souffert que dans le voisinage de Bentré; l'ouragan ne paraît pas avoir dépassé de beaucoup le Ham luong.

A Travinh, on l'a à peine ressenti, non plus qu'à Soctrang.

De Mytho à Caïbe, Vinhlong, Sadec, Longxuyen, Chaudoc, Pnumpenh, les fils ont été rompus entre toutes les stations ; mais les réparations ont pu être terminées le deuxième jour.

A Longxuyen, le magasin du télégraphe s'est effondré.

De Pnumpenh à Kampot, interruption, mais communication rétablie le lendemain.

De Soctrang à Longxuyen, quelques poteaux renversés dans le voisinage de Longxuyen.

De Chaudoc à Hatien, quelques ruptures.

Les lignes de Saïgon à Tayninh, de Longxuyen au Rachgia, de Hatien à Kampot, de Bienhoa à Thudaumot ont été épargnées.

Toutes les lignes ont été mises en état de fonctionner le 10 octobre, et l'on terminait les dernières réparations le 28 octobre.

Dès le lendemain, je reçus ordre du gouverneur de me rendre au Cambodge, et je partis pour Pnumpenh immédiatement.

L'inondation avait causé des dégâts à cette partie de nos lignes, je les fis réparer de Pnumpenh à Tremac et consolider la ligne de Tremac à Tayninh.

Les rebelles cambodgiens n'avaient commis aucun acte de malveillance contre le télégraphe; ils avaient respecté notre fil. Il m'a été seulement assez difficile d'obtenir des travailleurs, à cause du malaise qui règne dans le pays, par suite de la révolte du prétendant Sivata.

L'Obbarach (deuxième roi) a été envoyé à la rencontre du rebelle par son frère, Morodon Ier. Les deux petites armées sont en présence, à la frontière, s'observant mutuellement, mais ne sont encore venues à aucune action décisive.

Cette rébellion s'apaisera bientôt, sans doute; elle ne paraît pas prendre racine dans le pays.

État du réseau.

La ligne de Tayninh à Pnumpenh, en créant une deuxième communication entre Saïgon et le Cambodge, a fait disparaître les inconvénients résultant des fréquents encombrements de télégrammes qui se produisaient sur celle de Saïgon à Pnumpenh, passant par Vinhlong.

La ligne de Longxuyen, prolongée jusqu'à Cantho, a fait entrer dans le réseau un chef-lieu d'arrondissement qui en était resté jusqu'alors isolé.

La section de Cantho à Soctrang (67 kilomètres), récemment construite, semble devoir compléter le réseau télégraphique de la Cochinchine.

Non-seulement tous les chefs-lieux d'arrondissement sont reliés entre eux et avec Saïgon, mais ils ont, sauf le Rach Gia et Thudaumot, plusieurs voies pour échanger leurs correspondances.

Ainsi Saïgon et Mitho, qui sont reliés par deux fils, peuvent, en cas d'interruption de ces deux fils, communiquer par Vinhlong, Pnumpenh, Tayninh.

Vinhlong, Sadec, Longxuyen et Chaudoc ont trois voies aboutissant à Saïgon :

1° Voie directe par Mytho;

2° Embranchement Cantho, Soctrang, Travinh, Mytho;

3° Voie de Pnumpenh, Tayninh, ou même Chaudoc, Hatien, Kampot, Pnumpenh, Tayninh.

Les deux fils du cap Saint-Jacques étant installés sur des poteaux distincts, les postes de cette ligne (Bienhoa, Longthanh, Baria, le Cap) communiquent entre eux et avec Saïgon par deux voies.

Câbles sous-marins.

Le câble de Penang, interrompu en mars, a été rétabli le 25 octobre, interrompu de nouveau entre Singapore et Penang, le 9 novembre, et réparé encore le 20 novembre.

Le câble entre Amoy et Shangaï rétabli le 12 novembre.

Celui entre Java et l'Australie a été réparé le 7 août.

La communication par la voie de Sibérie, interrompue entre le lac Baïkal et Vladivostock, le 19 juillet, rétabli le 9 août, est interrompu depuis le 4 septembre.

Pendant l'interruption du câble de Penang, la compagnie « Eastern Extension and China Telegraph », pour accélérer l'échange des correspondances avec l'Inde et l'Europe, avait frété deux navires qui ont fait les voyages entre Penang et Rangoon.

Chaque vapeur partait de Penang, séjournait à Rangoon trente-six heures pour attendre les réponses aux télégrammes qu'il avait apportés, et au retour ne restait que huit heures à Penang.

Au 1er janvier prochain, un câble sera immergé entre Penang et Rangoon pour assurer, en cas d'interruption du câble de Madras, la communication avec l'Europe.

Service télégraphique de la Nouvelle-Calédonie.

(Extrait du rapport de M. Lemire, chef du service, sur l'achèvement du réseau de Nouméa au Diahot.)

Nouméa, 4 octobre 1876.

Les travaux de construction de la ligne télégraphique de la côte Ouest ont commencé le 20 avril 1876, et sont à leur fin. Les 350 kilomètres qui séparent Bourail du Diahot avaient été partagés entre quatre ateliers.

Le premier atelier, celui de Bourail à Muéo, était très-difficile à ravitailler par suite du manque de moyens de transports ; il fallut lui envoyer ses vivres à dos d'homme jusqu'à 80 kilomètres ; les porteurs canaques étaient souvent tentés, ou de les laisser à mi-chemin, ou de les consommer eux-mêmes. Heureusement, la distribution du matériel pesant avait été bien répartie, et le travail continua sans interruption.

Le second atelier comprenait la plus difficile section, celle de Muéo à Voh-Gatope. Il avait à vaincre deux obstacles : la baie de Pouembout, les marais et la montagne aride de

Koué. La baie de Pouembout, à 15 kilomètres au delà de Muéo et à 50 kilomètres de Koué, est bordée par un grand marais salant une falaise de pierre et une forêt épaisse; si l'on remonte vers le nord, on ne trouve d'eau douce qu'au delà de la baie. Il fallait donc attendre la mer basse et passer avec de l'eau jusqu'à la ceinture un gué en fer à cheval dangereux. La ligne coupa la forêt sur la droite; une percée de 12 mètres de large y fut pratiquée, et le chemin se trouva ainsi très-amélioré pour les piétons et les cavaliers, le bois abattu étant enlevé et rejeté hors du sentier. Les marais de Koué fournirent des niaoulis qu'on utilisa pour la montagne de Kaféate. Ce sont des marais d'eau douce formés par les eaux descendant du Koniambô. Le fond est d'argile noire très-compacte; de hauts joncs succèdent aux niaoulis; les branchages et les troncs d'arbres abattus ont été disposés en travers de ces marais successifs, de façon à permettre le passage aux piétons; mais on n'a encore pu le rendre praticable aux cavaliers, d'autant plus qu'il serait fort difficile à un cheval de franchir la rivière aux bords vaseux qui termine les marais, et surtout la montagne de Kaféate qui les suit. Cette montagne est très-escarpée, rocailleuse à l'ascension, argileuse à la descente. Il a fallu un jour par poteau pour la franchir avec le fil électrique.

Le troisième atelier, celui de Gatope à Gomen, débutait par une situation embarrassante : pas de travailleurs, pas de bois. Les canaques des parages de Gomen sont très-indisciplinés. Leur vieux chef venait de mourir; après le deuil commençaient les préparatifs des fêtes funéraires. La tribu de Pouanloïche du plateau des massacres ne pouvait guère être employée. L'epidémie qui a ravagé plusieurs tribus de la côte Est avait également décimé celle-ci. Il ne restait au chef Bouaméno que huit canaques débiles, moins du dixième de la population groupée autour de lui, lorsque je fis l'étude de la ligne il y a deux ans.

Les poteaux ne pouvaient être coupés qu'à 8 ou 12 kilomètres du pied d'œuvre où il fallait les porter ou les traîner.

Le quatrième atelier eut une longue section à établir : celle du Diahot à Gomen, en pays montagneux et accidenté.

Le montant des salaires ne dépassera pas 2.000 francs pour ces 350 kilomètres, soit environ 5 fr. 70 c. par kilomètre, plus les vivres.

Le 23 septembre, le bureau télégraphique de Gomen a été ouvert à la correspondance officielle et privée.

Un local provisoire a été fourni par la compagnie foncière de Gomen, qui a promis de faire une construction définitive pour le gérant du bureau et le surveillant de la ligne.

Le 25 septembre, à l'occasion de l'anniversaire de la prise de possession de la Nouvelle-Calédonie, le gouverneur a bien voulu inaugurer le réseau télégraphique en adressant une dépêche-circulaire aux treize postes desservis par le télégraphe.

Transmises à 7 h. 30 du matin, les réponses des 13 localités étaient parvenues à 9 h. 40 du matin, la dépêche ayant fait ainsi le tour de l'île, aller et retour, en deux heures et quelques minutes.

En présence de cette situation satisfaisante, il n'y a qu'à continuer à améliorer le réseau en doublant le nombre d'appareils, en établissant une seconde ligne de Canala à Nouméa par Thio, en créant un télégraphe à l'île des Pins, en terminant la ligne de Nouméa au sud de l'île.

PERSONNEL.

Légion d'honneur.

Par décret du Président de la République en date du 6 février 1877, rendu sur la proposition du président du conseil, ministre de l'intérieur, ont été promus ou nommés dans la Légion d'honneur :

Au grade d'officier : M. Blavier, inspecteur divisionnaire des lignes télégraphiques à Paris;

Au grade de chevalier : MM. Blutel, inspecteur à Paris; Menut, chef du service télégraphique au ministère de l'intérieur.

Par arrêté du ministre de l'instruction publique et des Beaux-Arts, en date du 17 janvier 1877, pris sur la proposition des ministres de la marine et de l'intérieur, M. Lemire, chef du service télégraphique de la Nouvelle-Calédonie, a été nommé officier d'Académie.

PROMOTIONS ET MUTATIONS.

MM. Quégain.	Inspecteur de 4e cl. . .	de	Paris.	à Nevers.
Jouguet.	Chef de trans. de 2e cl.		Carpentras. . .	à Roanne.
Viallet.	*Id.*		Montpellier. .	au Puy
Lignée.	*Id.*		Lunel.	à Narbonne.

Promotions.

Directeur de région (1re classe).

M. Prioul.

Directeur de région (2e classe).

M. De Lafollye.

Inspecteur de 1re classe.

M. Loir.

Inspecteurs de 2e classe.

MM. Beer.
Amiot.
Trotin.
Ducôté.

Inspecteurs de 3e classe.

MM. Meissonnier.
Berthot.
Droguet.

Inspecteurs de 4e classe.

MM. Faure.
Rubichon
Manaud.
Bontemps.
Héquet.
Lorin.
Morris.

Sous-inspecteurs.

MM. De Carmejane.
De Granpré.
Pernet.
Olivo.
Ouy.

Chefs de transmission principaux de 1re classe.

MM. Etenaud, Meissonnier. — MM. Warin, Robert. — M. Laloy. — M. Charles

Chefs de transmission principaux de 2e classe.

MM.	MM.	MM.	MM.
Lombard.	Gibassier.	Mesnard.	Charpentier.
Tracol.	Esmoingt.	Doux.	Margarita.
Lambrigot.	Lestant.	Brun.	Moreau.
Lasserre.	Baroncelli de Javon.	Hérouart.	Dupray.
Viollat.	Chabal.	Chabert.	Mannoury.
De Manraige.	De Tourneuf.	Marsat.	Daniel.
Berteloot.	Streicher.		

Chefs de transmission de 1re classe.

MM.	MM.	MM.	MM.
Farjanel.	Garand.	Vasseur.	Pépin.
Tronche.	De Montgremier.	Chatras.	Lecamus.
Quinard.	Charcot.	Morel.	Aubertin.
Barbotin.	De Vaublanc.	De Peretti.	Lefroid.
Péricaud.	De Lagrange.	Roesch.	Lucas.
Clémenso.	Motet.	Bazin.	Petit, G.
Dupuy.	De Brémoy.	Houlié.	Forr.
Déclaude.	Besnard.	Galavielle.	Peyre.
De Raffin.	Cacheleux.	Soustelle.	Raybois.
Gaudefroy.	De Chauveron.		

Chefs de transmission de 2e classe.

MM.	M.	M.	M.
De Bournonville.	Augé.	Moner (J).	Farines.
Lavy.			

Commis principaux.

MM.	MM.	MM.	MM.
Reynoard.	Guiot.	Ridel.	Perdrisetz.
Froment.	Dingremont.	Dubernard.	Jacomet.
Cheynier.	Flocon.	Gaillard.	Moll.
Keller.	Villedon-Denaïde.	Desmazières.	Silberling.
Bourdon.	Rouet.	Noël.	Montague.
Michaud.	Yon.	Magnan.	Belloc.
Bouvard.	Campana.	Desplats.	Piard.
Menon.	Labie.	Ardisson.	Lemardeley.
Lacroix.	Dubois.	O'Gorman.	Cuper.
Duhotoy.	Cantal.	Guibert.	Cuvillier.
Cadot.	Dumas.	Exmelin.	Bellet.
Judet.	Mercier-Lacombe.	Montillot.	Deuier.
Gruson.	Poggioli.	Guilleret.	Charault.
Dufraisne.			

Employés de 1re classe.

MM.	MM.	MM.	MM.
Bloch.	Liberge.	Dion.	Dornier.
Chabrier.	Tixier.	Ferary.	Pilmès.
Pourpe.	Valette.	De Malherbe.	Vallet.
Delcey.	Clamagirand.	Leclère.	Darexy.
Lesage.	Dewisme.	Bertrand.	Laffaille.
Gombaud.	Rathelot.	Bragard.	Pérard,
Villeneuve.	Foloppe.	Vert.	Quercy.
Suc.	De Capdeville.	Poupelle.	Gilbaud.
Oudoul.	Tournier.	De Gastebois.	Labourier.
Hasenwinkel.	Archambault.	Bernon.	Rehm.
Lechêne.	Delacourt.	Damiens.	Le Go.
Dulon.	Joulin.	Favier.	Castaing.

MM.
Steck.
Merlin.
Maitre-Jean.
David.
Prévost.
Dumas.
Lescure.
Limouzi.

MM.
Huguin.
De Marsoliès.
Alary.
Devals.
Champy.
Grisouard.
Debaisieux.
Jacques.

MM.
Daban.
Masgana.
Paris.
Ledolley.
Froideval.
Cailleret.
Dario.
Drevoille.

MM.
Betoulle.
Blanc.
Alba.
Oliviéri.
Le Maguère.
Gronostayski.
Chailly.
Dubousquet.

Employés de 2e classe.

MM.
Roux.
Pessonneaux du Puget.
Marvillet.
Pendariès.
Lorrette.
Etchepare.
Vallée.
Perraut.
Dufour.
Evêque.
Jumaucourt.
Avon.
Pilon.
Calmels.
Gauchard.
Lafay.
Bobin.
Dupont.
Daujon.
Arnaud.
Rivoire.
Serres.
Deladerière.
Pégot.
Fiquenel.
Perron.
Zwicker.
Crépel.
Légier-Desgranges.
Dantony.

MM.
Morenas.
Bourdillon.
Houdebine.
Ricaud.
Besairie.
Chancellay.
Duclos.
Lombard.
Clairat.
Levrey.
Mocq.
Autran.
Thiébaut.
Tencé.
Besson.
Apuril.
Soulier.
Marotel.
Salzes.
Massé.
Huss.
Rose.
Letellier.
Hutin.
Lébraly.
Sabourain.
Debeaux.
Lévy.
Borde.
Kromberg.
Joly.

MM.
Bouilliant.
Fils-Jean.
Grassi.
Jugelet.
Zuchowiecki.
Delhaie.
Lalanne.
Boudre.
Dumouchel.
Darbois.
Girard.
Wacheux.
Delorme.
Millet.
Dassibat.
Gaudefroy.
Geoffroy.
Garet.
Desprats.
Michel.
Glin.
Guyon.
Méresse.
Lamothe.
Le Cam.
Parmentier.
Maucuit.
Nourigat.
Fratini.
Augy.
Henry.

MM.
Massonnier.
Etasse.
Farjou.
Crozat de Fleury.
Aubert.
Dané.
Debrade.
Grard.
Denis.
Martin.
Pourret.
Mibelli.
Brun-Bourguet.
De Sigaldi.
Laborde.
Maillard.
Poirson.
Haidot.
De Singly.
Beaucourt.
Pitet.
Vincent.
Maugenest.
Bott.
Doyen.
Vetter.
Changenet.
Dumoulin.
Jolivet.
Ploteau.
Riche.

Employés de 3e classe.

MM.
Clément.
Dimiez.
Héritier.
Blanc.
Chollet.

MM.
Saulneret.
Giudiecelli.
Ouriet.
Cazes.
Vedrenne.

MM.
Loppin.
Jamey.
Beux.
Dannus.
Tarigo.

MM.
Delorme.
Kerbrat.
Nicolas.
Clamens.
Bouché.

MM.	MM.	MM.	MM.
Baron.	Aubert.	Arnold.	Laurent.
Bourgeois.	Bertrand.	Cadrès.	Lheureux.
Madaune.	Billet.	Henry.	Louistz.
Germain.	Borel.	Binsse.	M. de Latrollière.
Elardin.	Bosviel.	Borel.	Oliviéri.
Lalande.	Caillat.	Cervonacci.	Payssot.
Ledet.	Dupuichs.	Guilmart.	Renevier.
Bourier.	Flèché.	Sénéca.	Aubry.
Pouplier.	Garnier.	Bellat.	Guire.
Gall.	Gourjaud.	Béraud.	Forgeot.
Gruet.	Guyard.	Brunet.	Braun.
Tamisier.	Henry.	Calvert.	Bize.
Baratin.	Leray.	Cayre.	Guérrin.
Perchenet.	Maugain.	Chardon.	Maillard.
Grivel.	Milly.	C. de Préfort.	Hannequin.
Plantade	Parisel.	Courrou.	Venturini.
Bouet.	Rivat.	Domec.	Zugmayer.
Linard.	Siau.	Durand.	Gatimel.
Roig.	Pfrimmer.	Fort.	Soulcié.
Chaudat.	Vidal.	Gobert.	Leymarie.
Tristan.	Gras.	Guillermou.	

Employés de 4e classe.

MM.	MM.	MM.	MM.
Le Carré.	Noël.	Nicod.	Vayssière.
Estorges.	Lommé.	Lotz.	Balent.
Piéraldi.	Lefebvre.	Augé.	Maurel.
Trouttet.	Schwartz.	Tilloloy	Roure.
Mialhe.	Chaix.	Rousselot.	Pierson.
Trevers.	Fougeront.	Coquard.	Baby.
Tourrou.	Etasse.	Cantinelli.	Vaquié.
Desnottes.	Hugueny.	Baridon.	Bourret.
Ambrosini.	Michel.	Perrin.	Brassier.
Rebert de Latour.	Brochard.	Bentajou.	Rouet.
Michaud.	Carrey.	Montpellier.	Beyney.
Perretier.	Enfer.	Peytraud.	Gérard.
Caillat.	Saillard.	Lévy.	Marcaillou.
Chanterau.	Paris.	Blanquet.	Chrétien.
Vallet.	Bruneau.	Moyen.	Serres.
Boquillon.	Massart.	Rousselle.	Boyer.
Chamaillard.	Thomas.	Sevoz.	Simon.
Roland.	Cécillion.	Fressynet.	Potier.
Jemmet.	Blot.	Maréchal.	Millet.
Ponton.	Laparre.	Lepoittevin.	Salaün.
Plagnol.	Henrion.	Ferrer.	Heyd.
Hellequin.	Santiaggi.	Roure.	Chevalier.
Marchand.	Barrié.	Boulart.	Dumonteil.
Célariès.			

Employés de 5e classe.

MM.	MM.	MM.	MM.
Perré.	Pons.	Le Conte.	Thellier.
Rival.	Uchan.	Gambette.	Pidancet.
Terrillion.	Delanoue.	Terrière.	Gantès.
Claverie.	Bazin.	Perravex.	Cazeaux.
Bellat.	Berland.	Prétot.	Normandin.
Raphanel.	Daubié.	Estradier.	Larroque.
Bellec.	Baillaud.	Girard.	Parmentier.
Bonichon.	Landréau.	Perillon.	Amiot.
Ronnot.	Bellier.	Riou.	Mathieu.
Gertal.	Baux.	Roger.	Floch.
Labbous.	Rousseau.	Vasseur.	Lissot.
Bessès.	Quilbeuf.	Raffray.	Perceval.
Goasdoué.	Dabernat.	De Villeneuve.	Villain.
Métivier.	Hébert.	Coupé.	Vergès.
Lelandois.	Chrétien.	Marcillac.	Magnin.
Repelin.	Grouazel.	Romain.	Quêne.

Mutations.

1° *En France.*

MM.			
Orban.	Chef de trans. princ	de Caen.	à Rennes.
Cuche.	*Id.* . .	de Saint-Brieuc. .	à Caen.
Mozer.	*Id.* . .	d'Ajaccio.	à Mâcon.
D'Aymard.	*Id.* . .	de Mâcon.	à Orléans.
Gillet	Chef de transmiss.	du Puy.	à Clermont-Ferrand.
Estienne.	*Id.* . .	de Paris.	à Bourg.
De Chauveron. . . .	*Id.* . .	*Id.*	à Saint-Brieuc.
Fabre.	Commis principal.	de Beaucaire. . . .	à Carpentras.
Sauvageot.	*Id.* . .	de Clermont-Fd. . .	à Montbeliard.
Lefilleul.	*Id.* . .	du Havre.	à Paris.

2° *Entre la France et les colonies.*

MM.			
C. de Préfort. . . .	Employé.	d'Algérie.	à Marseille.
Cervonacci.	*Id.* . . .	de Marseille.	en Algérie.
Oliver.	*Id.* . . .	d'Algérie.	à Lyon.
Mognan.	*Id.* . . .	de Trouville.	en Algérie.
Dabadie.	*Id.* . . .	de Paris.	à la Guyane.
Ronnot.	*Id.* . . .	de Maubeuge.	en Algérie.
De Pardailhan. . .	*Id.* . . .	de Cochinchine. . . .	à Montpellier.
Saintenoy.	*Id.* . . .	de Caen.	en Cochinchine.
Duvernoy.	*Id.* . . .	de Nice.	en Algérie.
De Keyser.	*Id.* . . .	d'Algérie.	à Saint-Étienne.
Sombrun.	*Id.* . . .	de Bordeaux.	en Tunisie.
Chrétien.	*Id.* . . .	de Caen.	en Algérie.
Eychenne.	*Id.* . . .	de Paris.	en Cochinchine.
David.	*Id.* . . .	*Id.*	en Algérie.
Le Clerc de Fresne.	Surnuméraire. .	de Caen.	en Cochinchine.
Marel.	Auxiliaire. . . .	de Paris.	en Algérie.

Le Gérant : DUNOD. — Imprimerie Arnous de Rivière, 26, rue Racine.

ANNALES TÉLÉGRAPHIQUES

Année 1877 **Mars Avril**

TRANSMISSION DES SONS MUSICAUX

PAR L'ÉLECTRICITÉ.

(Extraits du *Telegrapher*, 7 et 21 octobre 1876.)

ARTICLE 1er. — *Principes généraux.*

Quoique dans ces derniers temps on ait beaucoup parlé et écrit sur la transmission du son par l'électricité et sur son application à la télégraphie, il reste néanmoins encore bien des choses intéressantes à dire sur ce sujet.

Nous nous proposons, dans le présent article, de jeter un rapide coup d'œil sur les principes généraux de la matière, puis, dans un prochain article, nous exposerons leur application à la transmission de la pensée entre deux points éloignés.

Comme la transmission électrique du son doit vraisemblablement jouer un rôle important dans le télégraphe de l'avenir, il sera intéressant et très-utile, pour des télégraphistes surtout, de connaître les principes de cette transmission.

Dès 1837, Page découvrait que l'aimantation et la désaimantation du fer doux étaient accompagnées d'un son. Vers la même époque, le professeur Henry étudiait les effets acoustiques d'un courant galvanique sur un électro-aimant, et démontrait qu'ils étaient dus à l'allongement et à la contraction du fer, et non, comme on l'avait supposé d'abord, à l'attraction exercée par l'une des branches de l'aimant en fer à cheval sur l'autre. Il le prouvait en obtenant avec un aimant droit le même effet qu'avec l'aimant en fer à cheval.

Cette découverte stimula les recherches des savants d'Europe pendant quelques années, mais sans amener beaucoup de progrès dans la science de la téléphonie. L'appareil de Wertheim, pour la production d'un simple son dans une tige de fer au moyen d'un *rhéotome* automatique, et celui de Reis, transmettant des sons de hauteurs différentes au moyen d'un diaphragme mis en vibration par la voix, constituent peut-être, jusqu'à ces dernières années, les plus grands progrès faits dans les recherches d'un appareil de ce genre. Ces appareils n'étaient guère que de simples curiosités scientifiques. Nul essai, du moins nul essai heureux, ne fut tenté pour l'application de cette découverte à un art utile ou à l'industrie. Il fallait, en effet, pour réaliser cette application, des études, des découvertes nouvelles.

Dans ces dernières années, ces recherches ont été reprises, et, comme la première fois, c'est dans notre pays d'Amérique qu'on a commencé.

Ainsi que nous venons de le constater, avant qu'on pût faire de ce principe de la transmission du son une application économique et pratique à des usages télégraphiques, beaucoup de choses restaient à découvrir, à inventer, non-seulement au point de vue des détails d'ap-

pareils et des moyens de relier les instruments à la ligne et aux piles, mais encore dans la recherche d'autres principes fondamentaux. Tout cela était indispensable pour arriver au rendement actuel du système, qui permet la transmission simultanée de huit messages par un seul fil.

Ce résultat a été obtenu par Elisha Gray, de Chicago, électricien d'une expérience consommée, et comme inventeur et comme constructeur d'appareils électriques et télégraphiques.

Propagation d'une onde sonore. — Tout le monde a observé les cercles de diamètres croissants, produits à la surface d'une eau calme par la chute d'une petite pierre.

Supposons dans l'air une sphère se dilatant uniformément dans toutes les directions autour de son centre avec une vitesse de 1.100 pieds par seconde : c'est l'image de la propagation dans l'air d'une simple onde ou impulsion sonore. L'onde est engendrée par une force exercée au point de départ, une explosion, par exemple. Le centre chauffé se dilate énergiquement dans tous les sens, il presse la première couche ou enveloppe de particules d'air contre la seconde ; à son tour, celle-ci communique son choc à la troisième, et ainsi de suite indéfiniment. Lorsque l'enveloppe des particules voisines de la membrane qui forme le tympan de l'oreille est atteinte, elle vibre par l'effet du choc et transmet au cerveau la sensation du son.

L'onde aérienne et l'onde électrique offrent des analogies sous certains rapports, et sous d'autres rapports elles diffèrent beaucoup l'une de l'autre. Comme nous l'avons remarqué plus haut, le fer s'allonge quand on l'aimante et se raccourcit quand on le désaimante.

Si une tige de fer, entourée d'une hélice, est montée sur une table d'harmonie, puis aimantée par la fermeture

du circuit d'une pile à travers l'hélice, on entendra un son distinct. Ce son est occasionné par le changement subit dans la longueur du fer, qui communique ainsi une impulsion à la table d'harmonie, et celle-ci, à cause de sa large surface, est capable de communiquer son mouvement à l'air, lequel conduit le son à l'oreille, comme nous l'avons décrit plus haut.

Supposons un électro-aimant ordinaire monté sur une caisse sonore et mis dans un circuit télégraphique, — à New-York, par exemple, — tandis qu'à l'autre bout de la ligne, — à Boston, par exemple, — est installée une pile avec une clef ordinaire de manipulation. Si l'on ferme le circuit en abaissant la clef brusquement, on entendra un son à New-York; si on la relève brusquement, on ouvre le circuit et l'on entend un autre son; le premier était dû à la dilatation, le second à la contraction des noyaux de fer doux.

Il faut remarquer que, dans ce cas, le son n'est point transmis mécaniquement à travers le fil, mais qu'un mouvement mécanique à la station de départ a envoyé une impulsion électrique par le fil, laquelle a été transformée en un mouvement mécanique correspondant à la station de réception, et a produit son impression sur l'oreille à la façon ordinaire.

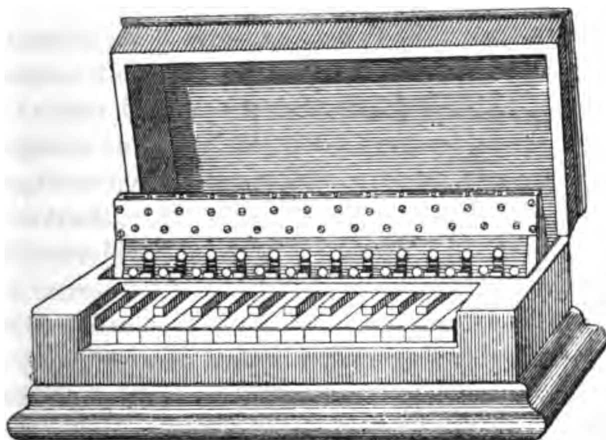
Un bruit devient musical lorsqu'il est uniformément répété un nombre de fois défini par seconde; ce nombre ne peut pas être moindre de seize, mais peut atteindre plusieurs mille. La hauteur d'un son musical est déterminée par le nombre des vibrations ou celui des répétitions périodiques par seconde d'une certaine onde sonore; plus le nombre est grand, plus le son est élevé.

Cela posé, on comprend aisément que si l'opérateur à Boston ferme et ouvre sa clef avec une uniformité et une

périodicité suffisantes, par exemple à raison de cent fermetures par seconde, un son musical sera entendu à New-York, son qui proviendra de l'électro-aimant monté sur la table d'harmonie.

Dès le commencement de 1874, M. Gray construisit toute une série de transmetteurs pour envoyer des sons de

Fig. 1.



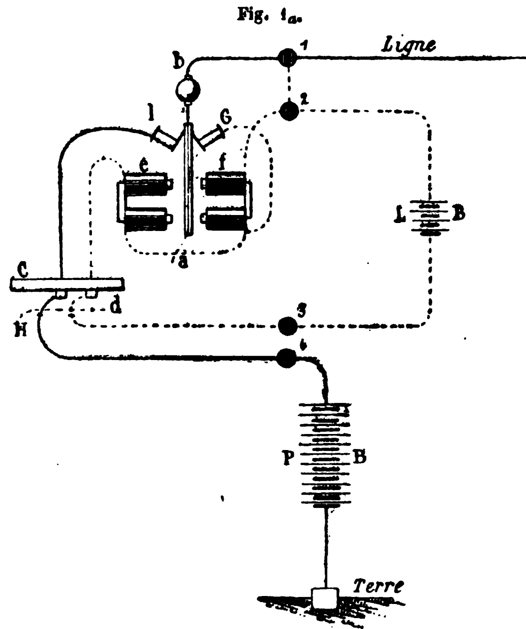
différentes hauteurs. Un de ces instruments avait la forme d'un clavier ordinaire à touches, et la *fig.* 1 en donne une perspective et la *fig.* 1_a en représente une coupe détachée. Voici la description de M. Gray lui-même :

« Chaque clef ou touche a une languette en acier ou électrotome réglée de telle sorte que ses vibrations correspondent à la position de la touche dans l'échelle musicale. On comprendra mieux le jeu d'une touche et de l'électrotome correspondant en se reportant à la coupe que l'on voit dans la *fig.* 1_a.

« *a* est une languette en acier, réglée de façon à pro-

duire un nombre de vibrations correspondant à sa position dans l'échelle. Une de ses extrémités est fixée rigidement au point *b*, tandis que l'autre reste libre et est actionnée par une pile locale. Les électro-aimants *e* et *f* sont

Fig. 1a.



disposés dans le même circuit local, l'aimant *f* ayant une résistance d'environ 30 ohms et l'aimant *e* une résistance d'environ 4 ohms. Lorsque la languette *a* n'est pas en vibration, le butoir G est en contact électrique avec elle, ce qui établit une dérivation en court circuit autour de l'aimant *f*. Par le fait, la totalité du courant local traverse l'aimant *e* à l'instant même de la fermeture de la clef C. On sait que lorsque deux électro-aimants sont placés dans le même circuit, celui dont la résistance est la

plus grande (toutes choses d'ailleurs égales) développe le magnétisme le plus fort, et que si l'électro-aimant de la résistance la plus grande est retiré du circuit, la force de l'autre est augmentée. Quand la clef C, par son abaissement, ferme le circuit local en *d*, le fonctionnement de la languette est le suivant : tout le courant de la pile L traverse l'aimant *e*, lequel attire la languette avec une force de 4 par exemple. Lorsque la languette s'est approchée de I assez pour quitter le butoir G, le circuit de dérivation est interrompu et le courant passe à travers les deux électro-aimants. Immédiatement la puissance de *f* s'élève de 0 à 5, et celle de *e* tombe de 4 à 1, et la languette est attirée vers *f* avec une force effective de 4, jusqu'à ce que le contact avec le butoir G soit de nouveau établi. L'opération est répétée à une vitesse déterminée par la dimension et la longueur de la languette et qui correspond au son fondamental de la note représentée. Les nombres indiqués donnent une idée approchée de ce qui se passe. En réalité les proportions des électro-aimants, quant à leurs dimensions et à leur résistance, sont déterminées expérimentalement avec une pile de grandeur donnée de façon que la languette soit attirée avec la même force dans les deux sens.

« Il faut remarquer qu'avec cette disposition le centre de vibration coïncide avec le centre de la languette quand elle est au repos, de telle sorte que la hauteur du son n'est pas altérée par les variations ordinaires de pile, ce qui aurait lieu si un seul aimant était employé ou si l'impulsion n'était pas égale dans les deux sens.

« Une seconde pile, que nous appellerons la *pile principale*, est installée de la manière suivante : l'un des pôles est relié à la terre ; l'autre à l'instrument, et le courant, entrant par la vis d'attache *h* (*fig.* 1_a), arrive au con-

tact H de la clef C; de là au butoir I, qui établit le contact avec la languette *a*; de là à la vis d'attache 1, et enfin à la ligne. On voit que si la clef est au repos, les piles sont ouvertes aux contacts *d* et H.

« Toutes les clefs de l'instrument, que celui-ci soit à une ou plusieurs octaves, ont des languettes correspondantes et des électro-aimants qui les actionnent. Ces languettes ne diffèrent que par leur tonalité; mais il n'y a qu'une seule pile principale et une seule pile locale. Leurs communications avec chaque clef forment des circuits dérivés qui s'embranchent sur les vis d'attache, comme on le voit sur la *fig.* 1_a. Mais comme toutes ces dérivations sont ouvertes aux contacts de chaque clef, aucune des piles n'est fermée tant qu'une clef n'est pas abaissée.

« Maintenant, si les clefs sont manipulées, une note peut être produite et entendue de l'opérateur. Lorsqu'une clef est abaissée, la pile locale met en vibration la languette qui correspond à cette clef, et la languette donne sa note fondamentale selon les lois de l'acoustique. Jusqu'ici l'instrument est un organe électrique, la force motrice étant l'électricité au lieu de l'air. La pile principale n'a encore joué aucun rôle.

« Mais si le circuit principal est fermé en mettant l'autre bout de la ligne à la terre, et que le butoir I soit réglé convenablement, c'est-à-dire de façon à établir et à interrompre le contact avec la languette à chaque vibration, une série d'impulsions électriques ou d'ondes est envoyée sur la ligne; le nombre de ces ondes, par seconde, correspondra avec le son fondamental de la languette.

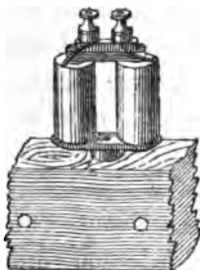
« La hauteur d'un son musical quelconque étant déterminée par le nombre de vibrations par seconde que produit le corps qui émet le son, il est évident que si ces

ondes électriques peuvent être transformées en vibrations perceptibles à l'audition à l'autre extrémité de la ligne, que cette extrémité soit à 1 ou 500 milles de distance de l'opérateur, la note produite aura la même hauteur que celle de la languette d'émission.

« Un moyen de convertir ces ondes électriques en sons perceptibles à l'audition à l'extrémité de réception a été décrit : c'est l'emploi d'un électro-aimant *monté*. Lorsque cet électro-aimant est convenablement monté de manière à produire le meilleur effet acoustique, le son est très-clair, pourvu que la ligne ne soit pas trop longue ou que la pile ne soit pas trop faible. »

La *fig.* 2 fait voir l'un des récepteurs musicaux de

Fig. 2.



M. Gray. C'est une caisse en bois, munie de trous pour les effets d'acoustique, et sur laquelle est monté un électro-aimant ordinaire, avec une lourde armature près de ses pôles; le tout est vissé solidement sur la caisse. Un autre récepteur musical de M. Gray, dont nous ne reproduisons pas le dessin, consiste en une série de caisses en bois ouvertes à l'une de leurs extrémités : une pour chaque électrotome de l'instrument transmetteur. Ces caisses sont de dimensions variables et accordées de

manière à correspondre au clavier de l'organe transmetteur. Elles sont rangées les unes à côté des autres, à un pouce environ de distance, et sont solidement fixées à une barre en bois qui les traverse toutes. Sur cette barre est monté un électro-aimant semblable à celui que l'on voit dans la *fig.* 2.

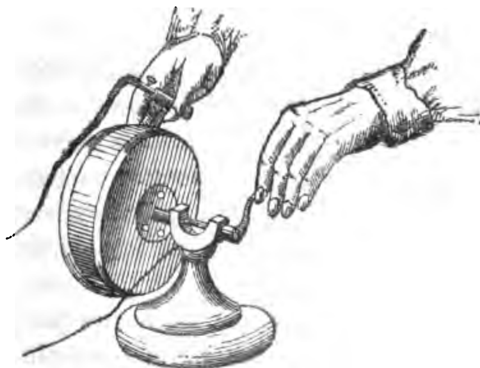
Cet arrangement conserve toutes les qualités sonores de la caisse, *fig.* 2, combinées avec le renforcement de chaque note par résonnance, ce qui donne au son plus de clarté.

Il existe plusieurs modes de réception des sons musicaux, mais le plus curieux peut-être est celui dans lequel le tissu animal joue le rôle principal. Si l'opérateur est lui-même à l'extrémité de réception du circuit, à travers lequel un son est envoyé, et si avec la main il frotte une plaque métallique faisant partie du circuit, le son émis à l'autre extrémité de la ligne est reproduit sur la plaque. Ce phénomène a été observé par M. Gray sur la doublure en zinc d'une baignoire. Il le décrit ainsi : « Mon neveu jouait avec une petite bobine d'induction, et, suivant son expression « donnait des commotions » pour amuser des petits enfants. Il avait relié l'une des extrémités de la bobine secondaire à la doublure en zinc d'une baignoire, sèche à ce moment là. Tenant de la main gauche l'autre extrémité de la bobine, il toucha de la main droite le zinc. En établissant ainsi le contact, la main glissait un peu le long de la paroi. A ce moment j'entendis un son sortant de dessous sa main au point de contact. Ce son me parut être de la même hauteur et de même qualité que celui de l'électrotome vibrant de l'appareil que j'entendais également. Immédiatement je pris l'électrode dans ma main, et, répétant l'opération, je trouvai, à ma grande surprise, qu'en frottant dur et vite,

je produisais un son plus clair que celui de l'électrotome. Je changeai alors la hauteur de la vibration en augmentant la rapidité, et je trouvai que la hauteur du son sous ma main avait en même temps changé et restait d'accord avec celle de la vibration. Je mouillai alors ma main et continuai le frottement, mais je n'obtins aucun son tant que ma main resta humide. Aussitôt que les parties en contact furent redevenues sèches, le son apparut de nouveau.

« Poursuivant cette idée, suggérée par l'expérience de la baignoire, je construisis divers appareils avec des plaques métalliques, pour la réception d'un son au moyen du frottement de la main. Un moyen commode d'obtenir ce résultat est indiqué dans la *fig.* 3.

Fig. 3.



« L'instrument est composé d'un support métallique d'un poids suffisant pour le maintenir fixe pendant la manipulation. Sur le support est monté un arbre horizontal reposant sur des coussinets. L'une des extrémités de l'arbre porte une manivelle dont la poignée est faite d'une substance isolante. Sur l'autre extrémité est cin-

trée une caisse en bois mince, sonore et de forme cylindrique, dont la surface est revêtue d'une coiffe en métal mince, à laquelle on donne une forme convexe pour plus de solidité. Cette caisse a une ouverture au centre pour augmenter ses qualités sonores. La coiffe de métal est en communication électrique avec le support métallique, au moyen d'un fil. Si l'opérateur relie la coiffe à la terre par l'intermédiaire du support et, saisissant d'une main l'extrémité de la ligne, presse les doigts contre la coiffe qu'il fait tourner de l'autre main au moyen de la manivelle, le son émis à l'autre extrémité de la ligne est entendu distinctement, et peut l'être dans toute une salle très-grande. Si les conditions sont bien remplies, plus la plaque est tournée rapidement, plus les sons musicaux sont clairs ; et plus le mouvement est lent, plus le son est doux. Lorsque le mouvement s'arrête, le son cesse complétement.

« J'ai trouvé qu'il faut une tension considérable, au moins celle d'une pile de 50 éléments, pour obtenir des résultats satisfaisants. On a facilement le degré voulu de tension en faisant passer le courant de la ligne par le circuit primaire (adapté au circuit dont on se sert) d'une bobine d'induction et en reliant le récepteur au circuit secondaire.

« J'ai remarqué qu'en faisant tourner la plaque avec mon doigt au contact, le frottement était plus grand lorsqu'une note était émise. Je reliai alors une petite bobine Ruhmkorff à une pile, en intercalant une clef télégraphique ordinaire dans le circuit primaire, à la place de l'interrupteur automatique ordinaire de la bobine. Je reliai également l'une des extrémités de la bobine secondaire à la plaque métallique, et tenant l'autre extrémité dans la main, je frottai la plaque vivement, pendant que

mon aide faisait lentement des points avec la clef. Je notai alors à chaque établissement du circuit un léger son, à chaque interruption un son beaucoup plus fort, tenant à ce que l'onde finale secondaire était plus forte que l'initiale. Je tins alors ma main immobile, et bien que pouvant sentir le choc aussi distinctement qu'auparavant, je ne perçus plus aucun son, ce qui prouve que le mouvement était une condition nécessaire à sa production. La sensation, lorsque le son était produit, était comme si mes doigts adhéraient subitement à la plaque, puis s'éloignaient subitement, produisant un son.

« Une expérience fut faite ensuite avec une pile de gravité de cent éléments. Je reliai l'un des pôles à la plaque, et tins l'autre dans la main, en pressant le doigt contre la plaque, que je tournais comme plus haut. J'intercalai une feuille mince de papier entre mes doigts et la plaque, pour empêcher que la secousse du courant ne devînt trop pénible, et mon aide fit des points avec une clef dans le circuit. Je pus ainsi vérifier l'effet d'une émission de longue durée. Lorsque la clef était fermée, il y avait une augmentation sensible du frottement, de sorte que mon doigt prenait une position plus avancée sur la plaque, et y demeurait aussi longtemps que le circuit restait fermé. Dès que la clef était ouverte, mon doigt reculait subitement sur la plaque, faisant le même bruit que j'avais déjà entendu. Cette expérience fut répétée si souvent qu'il ne pouvait plus rester de doute sur l'effet produit.

« Des résultats qui précèdent, je conclus que les conditions suivantes sont nécessaires pour la reproduction des sons musicaux à travers le milieu qui constitue le tissu animal, au moyen d'ondes électriques transmises par un fil télégraphique :

« 1° Les impulsions électriques doivent avoir une tension considérable pour rendre l'effet perceptible à l'oreille.

« 2° La substance employée pour frotter la plaque de réception doit être douce et flexible, et doit être conductrice jusqu'au point du contact ; là, il faut interposer une résistance très-mince, ni trop grande, ni trop petite.

« 3° La plaque et la main, ou un autre tissu, ne doivent pas seulement être en contact ; il faut un contact de frottement ou de glissement.

« 4° Les parties en contact doivent être sèches, afin de conserver le degré voulu de résistance. »

Dans cet article, nous nous sommes bornés à la transmission de simples sons ou mélodies. Dans un second article, nous parlerons de la transmission de sons composés, harmoniques ou discordants, de leur analyse au point de réception, de l'application de ce principe à la télégraphie multiple, application qui promet de prendre une grande place dans la télégraphie de l'avenir.

ARTICLE 2e. — *Application à la télégraphie.*

Dans le premier article, nous avons exposé quelques-uns des principes généraux de la transmission des sons musicaux par l'électricité, en ce qui concerne les simples sons.

Dans le présent article, nous allons considérer : premièrement, la transmission des sons composés ; et, deuxièmement, l'analyse de ces sons, et l'application à la télégraphie multiple.

Nous avons vu (*fig.* 1) que le clavier de l'instrument comporte une série de clefs reliées à une série de languettes vibrantes ou électrotomes, accordées suivant

l'échelle musicale. Si les piles sont convenablement reliées à l'instrument, et si l'un des récepteurs sonores décrits dans le même article est placé sur la ligne, on obtiendra non-seulement la reproduction du son émis par une clef isolée, mais la reproduction simultanée des sons émis par toute une série de clefs pourvu que l'opérateur agisse sur toutes en même temps, que le résultat de la combinaison soit un accord ou une discordance. Si toutes les clefs correspondant à une octave sont abaissées simultanément, le résultat sera un ensemble de sons confus, sans aucun son défini. Cet effet sera fidèlement reproduit sur le récepteur commun, représenté dans la *fig.* 2. Ce récepteur a de particulier qu'il peut reproduire une note aussi bien qu'une autre, et qu'il ne peut faire qu'une note prédomine sur une autre. Comment démêler cet ensemble confus de sons, et produire un son déterminé correspondant à une clef déterminée; — répondre, et répondre uniquement à un instrument particulier? — Cette explication fera l'objet principal de notre présent article.

Si nous abaissons simultanément une série de touches de piano, l'oreille appréciera l'ensemble de l'effet et non pas une série de sons simples. Il est vrai qu'une oreille exercée pourrait distinguer les sons simples, mais tel n'est pas ordinairement le cas Si, néanmoins, nous approchons de l'oreille un *résonnateur*, tel que celui qu'Helmholtz a imaginé pour analyser les sons musicaux transmis par l'air, le son correspondant en hauteur à celui du *résonnateur* sera renforcé de telle sorte qu'on l'entendra très-distinctement au-dessus des autres. Le résonnateur repose sur le principe qu'un volume d'air contenu dans un vase ouvert, une bouteille, par exemple, émet une certaine note, quand il est mis en vibration. La

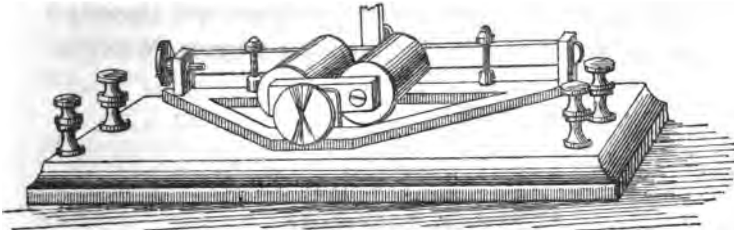
hauteur de cette note dépend de la dimension du vase et de celle de l'ouverture découverte. La forme employée par Helmholtz était celle d'un globe, avec une ouverture large sur un côté et petite sur l'autre; c'est celle-ci que l'on approche de l'oreille.

Comme nous l'avons déjà dit, si l'un de ces résonnateurs est placé près de l'oreille, et s'il y a dans l'air ambiant une série de sons musicaux, et si l'un de ces sons est d'accord avec la note fondamentale du globe, ce son sera renforcé et distinctement perçu parmi tous les autres. Avec une série de ces globes, des sons composés peuvent être analysés et leurs éléments simples peuvent être déterminés avec une exactitude parfaite.

Nous avons fait voir comment une série de sons peut être transmise par un fil télégraphique, et reproduite dans son ensemble. Sous cette forme, la transmission d'une série de sons ne peut pas avoir d'application télégraphique. Mais si l'on place dans le circuit de la ligne une série de récepteurs en nombre égal à celui des sons simultanément transmis, et si chaque récepteur est apte à reproduire une note spéciale en éliminant les autres, le problème est résolu. Ce résultat, M. Gray l'a réalisé de diverses manières. Nous mentionnerons les plus remarquables. La première est celle de la *fig.* 4. Nous donnons la description que M. Gray en fait lui-même :

« La *fig.* 4 est la perspective d'un instrument de réception, appelé *analyseur*. La construction de l'instrument est très-simple. Il se compose d'un électro-aimant, adapté à la résistance du circuit dans lequel il doit être employé, et d'un ruban d'acier placé en face de cet aimant dans un châssis métallique solide. Ce ruban est muni, à l'une de ses extrémités, d'une vis, pour le réglage de l'accord, qui permet de donner au ruban une tension convenable. La

Fig. 4.

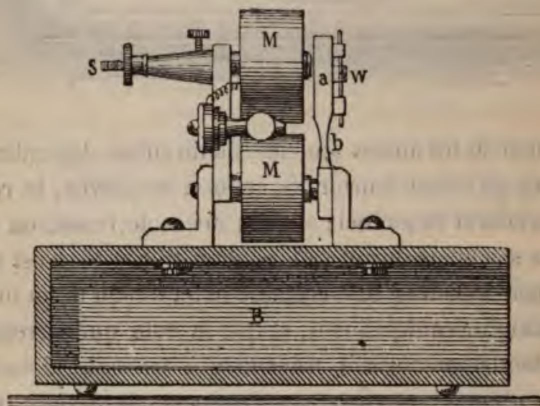


longueur et les autres dimensions du ruban dépendent de la note qu'il doit fournir. Si celle-ci est élevée, le ruban est raccourci et aminci; si c'est une note basse, on augmente son épaisseur et sa longueur. Si ce ruban est réglé de façon à donner une certaine note, lorsqu'il est mis en vibration mécaniquement, et que la note qui correspond à sa fondamentale soit transmise à travers l'aimant, le ruban répondra et vibrera à l'unisson de la note transmise. Mais si la note transmise diffère absolument de la fondamentale du ruban, celui-ci ne répondra pas. Si un son composé est envoyé, le ruban répondra lorsque sa propre note sera comprise dans la transmission comme partie du son composé; mais il s'arrête brusquement sitôt que sa propre note n'y figure plus. Ainsi, je puis reconnaître et indiquer la note transmise, et par le fait *analyser* les sons qui passent sur la ligne. »

L'essentiel à réaliser dans la construction d'un tel récepteur est de le débarrasser de toutes les qualités d'une table d'harmonie, qui le feraient répondre indistinctement à tous les sons, et d'*augmenter*, autant que possible, sa tendance à ne vibrer qu'au son auquel il est accordé. Nous voyons dans la *fig.* 5 un autre système dans lequel une languette ou tige d'acier, accordée de manière à produire un certain son, est combinée avec une

caisse de *résonnance*. En voici la description : supposons qu'il s'agisse de construire un récepteur qui réponde à un son formé de 128 vibrations par seconde. Nous pre-

Fig. 5.



nons une caisse ayant la forme d'un parallélipipède ouvert sur l'une de ses faces, comme le montre la coupe dessinée dans la *fig.* 5. Les dimensions de la caisse sont calculées de façon à lui faire produire le maximum de résonnance du son voulu. Sur cette caisse est monté solidement un électro-aimant. A l'un des pôles est fixée l'une des extrémités d'un barreau d'acier dont les côtés bien parallèles se prolongent au delà de l'autre pôle, mais sans le toucher.

Ce pôle est susceptible de réglage. L'opération pour accorder la languette se fait tout entière en un point voisin de l'extrémité fixe de la barre ; on amincit le barreau à ce point à l'aide de la lime jusqu'à ce qu'il vibre 128 fois à la seconde, lorsqu'il est excité mécaniquement. Quand l'instrument est accordé et monté, si par un

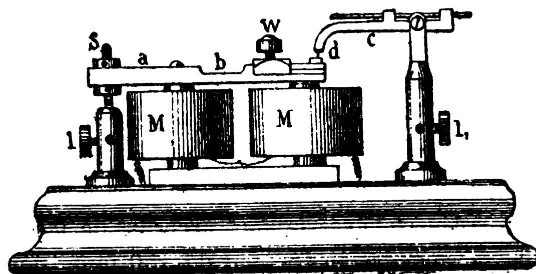
moyen quelconque le barreau est mis en vibration, le vibrations se communiquent aux parois de la caisse, qui à leur tour mettent en mouvement l'air qu'elle contient, et de tout cela résulte un son musical qui sort par l'orifice de la caisse. Cet effet sera reproduit télégraphiquement par l'envoi, à travers le fil de l'aimant, d'impulsions électriques répétées 128 fois par seconde. Si le nombre d'émissions à travers l'aimant est plus ou moins grand, ni le barreau ni la boîte ne répondront. Si maintenant on construit un autre récepteur, de tout point identique à celui que nous venons de décrire, si ce n'est que le barreau et la caisse sont accordés de façon, par exemple, à répondre au passage de 200 impulsions par seconde, ce nouveau récepteur sera, par le fait, silencieux au passage de 128 émissions, mais répondra nettement à la vitesse pour laquelle il est accordé, celle de 200 impulsions par seconde. Si les deux nombres de vibrations ou impulsions sont envoyés simultanément, les deux caisses répondront, mais chacune donnera un son différent. Si l'on arrête l'envoi d'une des séries d'impulsions sans arrêter l'autre, le récepteur, accordé de façon à répondre à l'envoi qui cesse, s'arrêtera.

Si, au départ, les notes transmises sont coupées en sons longs et courts, selon le code Morse, au moyen d'une clef télégraphique ordinaire, chaque série de signaux sera entendue sur le récepteur qui lui est propre, sans aucune interférence.

La *fig.* 6 représente une autre espèce de récepteur analyseur. Il contient toutes les parties essentielles du dernier instrument que nous venons de décrire, sauf la caisse de résonnance; mais il est muni d'une disposition additionnelle qui fait mouvoir, à l'aide d'un circuit local, un parleur ordinaire ou autre instrument enregistreur.

Dans cet appareil, l'aimant est monté sur un support ordinaire et est pourvu d'une languette accordée ou d'un barreau d'une hauteur de ton déterminée, comme le ré-

Fig. 6.



cepteur précédemment décrit. Au-dessus de l'extrémité libre du barreau se trouve une goutte de platine, légèrement concave, de façon à former une petite cuvette à recevoir de l'huile. Sur cette cuvette repose une pointe de platine fixée à un levier léger, qui pivote autour de son autre extrémité. Ce levier est pourvu d'un curseur à frottement qui permet de changer son équilibre à volonté et de le rendre facilement lourd de léger qu'il était. Il est équilibré de telle sorte que sa vitesse naturelle de vibration soit plus lente que celle du barreau. Il résulte de cet arrangement que lorsque le barreau est mis en vibration, la pointe du levier ne peut pas le suivre, et par conséquent tremble ou sautille dans la petite cuvette. Si cette pointe est reliée à un parleur et à un circuit local, dont font partie le levier et le barreau, chaque fois que le barreau entrera en vibration le circuit sera par le fait ouvert, et le levier du parleur sera dans la position de repos. Dès que la vibration cesse, les trépidations de la pointe s'arrêtent, le circuit est rétabli et le levier du par-

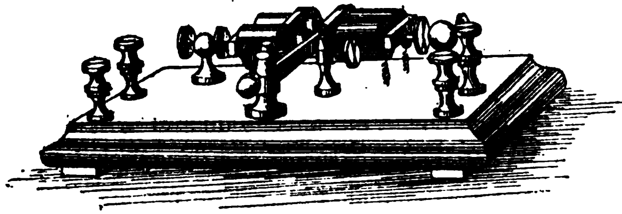
leur est sur contact. Si la vibration est interrompue au départ par une clef Morse, l'effet sur le parleur est le même que si, au lieu d'un analyseur, il y avait un relais dans le circuit. Tel est probablement le mode de fonctionnement le plus pratique de ce système, car l'opérateur n'a rien de nouveau à apprendre.

Tel est l'ensemble du mécanisme du système; mais il y a bien des détails de construction et bien des modes de relier les piles à la ligne sans lesquels le système ne saurait convenir à un travail télégraphique quotidien. La bonne construction du barreau vibrant ou de la languette du récepteur est un point très-important. Il faut que ce barreau ait une certaine épaisseur relative (à moins qu'il ne soit suspendu par ses deux extrémités, comme dans la *fig. 4*) au moins d'un quart de pouce, et il faut que tout l'accordement porte sur un point rapproché de l'extrémité fixe. Un barreau mince avec une extrémité libre vibre facilement et répond plus ou moins à une note, ce qui amène de la confusion dans les signaux. Lorsque les instruments ont été convenablement construits, il reste à résoudre un problème, dont la solution donne la clef du succès pratique du système dans son application à la télégraphie. Ce problème est le suivant : Comment envoyer sur la ligne les différentes notes de telle sorte que chaque groupe d'impulsions électriques conserve cette individualité sans laquelle l'analyse serait impossible ? En premier lieu, le fil doit transmettre les vibrations électriques sans que le circuit soit ouvert et sans que sa résistance soit changée. En second lieu, chaque son doit être envoyé avec une pile de force distincte. C'est ce que M. Gray a réalisé avec succès.

Avant de décrire l'installation du circuit, nous allons

indiquer l'instrument de transmission que l'on voit dans la *fig.* 7.

Fig. 7.

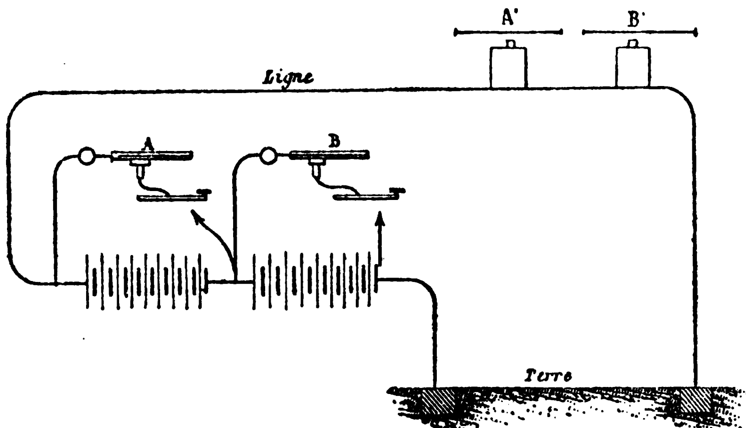


Cet instrument est analogue à celui qui a été décrit *fig.* 1_a dans le premier article. La seule différence consiste en ce que la *fig.* 7 le représente monté isolément. Une pile locale maintient cet instrument en vibration constante.

Nous citons maintenant :

La *fig.* 8 fait voir un diagramme de deux transmetteurs et deux récepteurs avec leurs communications. Les circuits locaux, avec leurs aimants, ont été supprimés pour éviter la confusion.

Fig. 8.



A et B représentent deux transmetteurs placés à une extrémité d'une ligne; A' et B' représentent deux récepteurs à l'autre extrémité de la ligne. L'un des pôles de la pile principale est relié à la ligne et l'autre à la terre. Chaque transmetteur est placé sur un fil de dérivation se rattachant aux communications de la grande pile, qui est divisée en deux moitiés. Une clef ordinaire d'interruption de circuit est placée sur chacun de ces fils de dérivation. Supposons maintenant que l'on fasse résonner les deux languettes de A et B, A faisant 264 vibrations par seconde et B 320, B donnera alors une note de deux tons ou d'une tierce majeure au-dessus de A. Tant que les clefs restent ouvertes, la pile s'écoule constamment tout entière sur la ligne. Si la clef du transmetteur A est fermée, la communication de la ligne avec la moitié de la pile est alternativement établie et coupée 264 fois par seconde. On produit ainsi une succession d'ondes électriques parcourant la ligne à la même vitesse. Si maintenant le ruban d'acier de l'analyseur A' a été accordé à l'unisson de ces ondes électriques, il répondra et reproduira la note du transmetteur. Mais s'il n'est pas accordé à l'unisson, il restera pratiquement au repos, de sorte que la note ne peut être entendue qu'en soumettant ce ruban à un réglage très-délicat. Pour l'accorder à l'unisson, il suffit de tourner, dans un sens ou dans l'autre, suivant le cas, la vis qui sert à régler l'accord. Lorsque la note fondamentale du ruban d'acier correspond à celle de la languette d'émission, on en est averti par une vibration claire et sonore. Si (la clef du transmetteur A étant toujours fermée, et conséquemment l'analyseur correspondant étant toujours en résonnance) nous fermons la clef appartenant au transmetteur B, la communication de l'autre moitié de la pile avec la ligne sera

alternativement établie et interrompue 320 fois par seconde, et une autre succession d'ondes électriques parcourra la ligne à la vitesse de 320 ondes par seconde. Si l'analyseur B′ est convenablement accordé, de façon que sa fondamentale soit la même que celle du transmetteur correspondant B, il donnera cette note tant que la clef restera fermée et fera un accord de tierce avec A′. De même, un grand nombre de notes différentes peuvent résonner simultanément à l'extrémité d'une ligne télégraphique et peuvent être entendues simultanément à l'autre extrémité, chaque note résonnant sur un instrument de réception différent.

L'un quelconque d'ailleurs des trois récepteurs décrits fonctionnera de la même manière. Les diagrammes ci-dessus font voir deux séries seulement d'appareils, mais le système en comporte bien davantage. Huit messages — quatre dans chaque sens — ont déjà été envoyés et reçus simultanément par un seul fil, entre New-York et Philadelphie, pendant plusieurs jours.

En travaillant dans les deux sens, une pile principale est employée aux deux extrémités, et elle est divisée en autant de sections qu'il y a de notes à transmettre. Le récepteur peut être placé sur un pont ou être muni de bobines différentielles comme dans le duplex.

Il y a maintes applications à faire de ce système. Déjà M. Gray l'a appliqué à un télégraphe imprimant aussi sûr que rapide, et si ce télégraphe devenait d'un emploi général, il réduirait considérablement le travail correspondant à un trafic déterminé *en même temps* que le nombre des fils.

DES GRANDEURS ÉLECTRIQUES

ET DE LEUR MESURE EN UNITÉS ABSOLUES

(Suite.)

Mesure en unités électrostatiques de l'intensité et de la résistance.

121. *Mesure de l'intensité.* — La mesure de l'intensité des courants s'effectue au moyen du galvanomètre, de l'électro-dynamomètre ou du voltamètre. Les résultats sont exprimés en unités d'une autre nature que les unités électrostatiques; pour être transformés en unités de cette dernière espèce, ils doivent être multipliés par un coefficient qui dépend de la forme de l'appareil employé, et qu'on doit déterminer par l'expérience.

Lorsqu'on met l'un des pôles d'une forte pile électrique en communication avec l'une des armatures d'un condensateur dont l'autre armature est reliée à la terre en même temps que le second pôle de la pile, on obtient une charge qu'on peut évaluer en unités électrostatiques absolues quand on connaît le potentiel ou la force électromotrice de la pile et la capacité électrostatique du condensateur. Si, après avoir chargé ce dernier, on le met en communication avec le sol par un fil conducteur, il se décharge en donnant lieu dans le fil à un courant à peu près instantané. En répétant l'opération un grand nombre de fois, à des intervalles très-rapprochés, ce qu'on peut

réaliser au moyen d'une roue interruptrice, on produit dans le fil un courant à peu près continu, dont l'intensité en unités électrostatiques est égale au produit de la charge par le nombre de décharges effectuées pendant une seconde. En faisant traverser à ce courant le fil d'un galvanomètre, on obtient une déviation de l'aiguille qu correspond à cette intensité, ce qui permet d'en déduire, si le galvanomètre est gradué, l'intensité correspondant à une déviation quelconque.

122. *Mesure de la résistance.* — La mesure de la résistance d'un conducteur en unités électrostatiques peut s'effectuer directement lorsque ce conducteur est formé d'une substance dont la résistance spécifique est très-grande, ainsi que cela a lieu pour le caoutchouc, la gutta-percha, la soie, etc. Pour obtenir cette résistance, on met l'une des extrémités du conducteur en communication avec un corps métallique électrisé et l'autre avec la terre, puis on observe au moyen d'un électromètre la vitesse avec laquelle s'opère la décharge.

Soit Q la charge du corps conducteur électrisé, S sa capacité électrostatique et V le potentiel de la charge, on a :

$$Q = VS.$$

Si le corps communique avec la terre par le conducteur, la charge s'écoule peu à peu, et au bout d'un petit intervalle de temps θ elle devient Q' ; en désignant le nouveau potentiel par V', on a :

$$Q' = V'S.$$

La quantité d'électricité qui a traversé le conducteur dans l'intervalle de temps θ est :

$$Q - Q' = (V - V')S.$$

L'intensité de courant I dans le conducteur pendant cet intervalle de temps est :

$$I = \frac{Q - Q'}{\theta} = \left(\frac{V - V'}{\theta}\right) S.$$

D'après la loi d'Ohm, on a :

$$I = \frac{V}{R},$$

donc

$$\frac{V}{R} = \frac{(V - V')}{\theta} S,$$

d'où l'on tire :

$$\theta = \frac{V - V'}{V} \times RS.$$

Pendant un second intervalle de temps θ', le potentiel diminue encore et passe de la valeur V' à une autre valeur V'', et l'on a :

$$\theta' = \frac{V' - V''}{V'} \times RS;$$

pour un troisième intervalle θ :

$$\theta'' = \frac{V'' - V'''}{V''} \times RS,$$

et ainsi de suite.

En faisant la somme pour un certain nombre d'intervalles de temps $\theta + \theta' + \theta \ldots\ldots = t$, on a :

$$t = RS \sum \frac{V - V'}{V}.$$

Si V_1 est la valeur du potentiel au début de l'expérience et V_2 sa valeur au bout du temps t, on a pour la valeur de $\sum \frac{V - V'}{V}$ pris entre ces deux limites :

$$\log \text{nép.} \frac{V_1}{V_2} (*),$$

et par suite :

$$t = RS \log \text{nép.} \frac{V_1}{V_2},$$

d'où l'on déduit :

$$R = \frac{t}{S \log \text{nép.} \frac{V_1}{V_2}} = \frac{t}{2{,}718 S \log \frac{V_1}{V_2}} (**).$$

Cette formule fait connaître la valeur absolue de la résistance R lorsqu'on a déterminé d'avance la capacité électrostatique S du conducteur. Pour avoir le rapport des potentiels $\frac{V_1}{V_2}$, il suffit d'observer les indications d'un électromètre quelconque préalablement gradué, et qu'on laisse en communication avec le corps électrisé.

123. — Cette méthode n'est applicable que si la décroissance du potentiel est assez lente et par conséquent que si la résistance opposée à l'écoulement du fluide est très-considérable ; on ne peut en faire usage que pour de mauvais conducteurs, tels que fils de soie, de coton, etc.

Elle peut être aussi employée pour la mesure de l'isolement des conducteurs sous-marins.

Le câble ayant son armature extérieure en communication avec la terre, on isole le conducteur à l'une de ses

(*) En remplaçant $V - V'$ par dV, $\sum \frac{V - V'}{V}$ devient $\int_{V_2}^{V_1} \frac{dV}{V} =$ log nep $(V_1 - V_2)$.

(**) Remarquons que la capacité électrostatique ayant pour dimension une longueur L, la résistance R est représentée par l'inverse d'une vitesse $\frac{T}{L}$, ainsi que cela doit avoir lieu (n° 109).

extrémités, et l'on met l'autre, pendant un instant, en relation avec une source électrique qui lui communique un potentiel V, puis on observe la décroissance du potentiel en suivant les indications d'un électromètre qu'on laisse en communication avec le conducteur. Ordinairement on détermine le temps qu'emploie le potentiel à perdre la moitié de sa valeur; en représentant ce temps par t, on a :

$$R = \frac{t}{2{,}718\,S\log 2} = \frac{t}{0{,}216\,S}$$

ou

$$RS = \frac{t}{0{,}216}.$$

On en déduit la valeur de la résistance R, si la capacité électrostatique S a été préalablement déterminée ou la capacité électrostatique S si la résistance R est connue par une autre méthode.

La résistance R de l'enveloppe est en raison inverse de la longueur du câble essayé, tandis que la capacité électrostatique S lui est proportionnelle; la durée de la décharge t est donc indépendante de cette longueur, pour un câble sous-marin dont l'enveloppe est formée d'une matière isolante déterminée.

Ainsi qu'on l'a vu au n° 120, le produit RS est égal au produit $\frac{\rho c}{4\pi}$; on déduit donc de l'expérience que nous venons d'indiquer le produit de la résistance spécifique de la matière isolante ρ par sa capacité inductrice spécifique c.

L'expérience se fait avec une pile composée d'un grand nombre d'éléments (4 à 500) et un électromètre ordinaire.

Un des pôles de la pile étant en communication avec la terre, on note d'avance les indications de l'électromètre

quand on le met en communication d'abord avec l'extrémité, puis avec le milieu électrique de la pile, c'est-à-dire avec le point dont le potentiel est moitié moindre. On relie alors le conducteur à essayer à l'électromètre et, pendant un instant, on le fait communiquer avec le pôle libre de la pile entière, dont il prend le potentiel, puis on l'isole; le potentiel décroît par suite du passage de l'électricité à travers l'enveloppe et, en suivant les indications de l'électromètre, on observe le temps nécessaire pour que l'électromètre n'accuse plus que la déviation correspondante à la moitié de la pile, c'est-à-dire pour que le potentiel décroisse de moitié.

Avec la gutta-percha employée pour la construction du câble transatlantique français et la plupart des câbles construits dans ces dernières années, le temps nécessaire pour que le conducteur perde la moitié de son électricité est de 21 minutes.

124. — Cette méthode pour l'essai des câbles sous-marins, qui est due à M. Siemens, a l'avantage d'être indépendante de la longueur sur laquelle on opère; elle ne donne pas toutefois une précision absolue, parce que le pouvoir inducteur spécifique de la matière isolante varie un peu avec la durée de la charge.

Pour que les résultats obtenus avec diverses substances isolantes soient comparables, il faut que la durée de la communication avec la source électrique soit la même. On adopte ordinairement une minute.

Ainsi donc, avec la gutta-percha perfectionnée on a :

$$\frac{\rho c}{4\pi} = \mathrm{RS} = \frac{21 \times 60''}{0,216} = \frac{1260''}{0,216},$$

d'où

$$\rho c = \frac{4\pi \times 1260''}{0,216} = 73200''.$$

Le pouvoir spécifique inducteur c de la gutta-percha pris par rapport à l'air est environ 3; la valeur de la résistance spécifique ρ est donc environ 24.400 secondes (*).

État variable.

125. — Dans les longs conducteurs, le potentiel aux divers points est dû à l'électricité qui est répandue à leur surface et à celle qui se trouve accumulée soit directement, soit par influence sur les corps environnants. L'électrisation n'est pas instantanée; au moment où l'on met le conducteur en communication avec une ou plusieurs sources électriques, il prend une charge qui augmente peu à peu jusqu'à ce qu'aux divers points du circuit elle soit telle que le potentiel dû à cette charge et à celle qui se développe par influence sur les conducteurs voisins, varie d'une manière continue, en suivant la loi d'Ohm. Pendant ce temps qui constitue la période variable du courant, l'électricité se trouve à l'état libre, non-seulement aux surfaces de séparation des divers corps qui composent le circuit, mais encore à l'intérieur de chacun d'eux.

Lorsque le circuit ne comprend qu'un seul conducteur,

(*) On a vu (n° 110) que la résistance spécifique absolue d'une substance est exprimée par un intervalle de temps.

Le facteur 4π, qui se trouve au dénominateur dans l'équation $RS = \frac{\rho c}{4\pi}$, tient à ce que nous avons adopté pour unité de pouvoir inducteur spécifique, comme on le fait généralement, celui de l'air, qui ne correspond pas aux unités absolues. Pour rentrer dans le système général de ces unités, il aurait fallu représenter le pouvoir inducteur spécifique de l'air par 4π. Celui c' d'une substance quelconque, au lieu d'être c, deviendrait $c' = \frac{c}{4\pi}$, et l'on aurait :

$$RS = \rho c'.$$

on peut déterminer, en appliquant la formule de Fourier sur la propagation de la chaleur, la valeur du potentiel aux divers points en fonction du temps.

On trouve ainsi que le temps nécessaire pour que le courant atteigne une fraction déterminée de sa valeur définitive est proportionnel au carré de la longueur de la ligne, à la capacité électrostatique du conducteur et en raison inverse de sa conductibilité.

Lorsque le circuit est formé de plusieurs conducteurs dont les sections, les conductibilités ou les capacités électrostatiques sont différentes, on ne peut obtenir par l'analyse la solution générale du problème.

Échauffement des conducteurs traversés par un courant.

126. Le courant électrique jouit de certaines propriétés; les unes sont une conséquence directe de l'application à l'électricité du principe de la conservation des forces vives; les autres pourraient sans doute se déduire du même principe si nous connaissions la véritable nature de l'électricité et ses relations avec l'éther, par l'intermédiaire duquel a sans doute lieu la transmission des forces et des mouvements; mais dans l'état actuel de nos connaissances, nous sommes réduits à déduire ces propriétés de l'expérience, sauf à compléter les résultats qu'elle fournit par l'application de ce principe.

Dans la première catégorie figure la loi de l'échauffement d'un conducteur sous l'action d'un courant qui le traverse, dite loi de Joule, qui peut être considérée comme une loi élémentaire de la propagation.

L'échauffement des conducteurs paraît devoir être attribué au frottement du fluide électrique contre les mo-

lécules matérielles des corps, qui absorbent la force vive et entrent en vibration en produisant de la chaleur.

Joule a prouvé par l'expérience que la quantité de chaleur développée pendant l'unité de temps par un courant constant entre deux points d'un circuit, s'il n'existe pas entre eux de force électromotrice, est proportionnelle au carré de l'intensité du courant I et à la résistance R du conducteur entre ces deux points. En désignant par Ch la chaleur développée et par K une constante, on a donc :

$$Ch = KI^2R;$$

pendant un intervalle de temps T, la chaleur développée est :

$$Ch = KI^2RT.$$

Cette formule peut se déduire du principe de la conservation des forces vives combiné avec la loi d'Ohm, qui elle-même repose, ainsi qu'on l'a vu (n° 103), sur l'absorption complète de l'énergie électrique par les conducteurs, et cette déduction permet de fixer la valeur du coefficient K.

On a vu en effet (n° 46) que $V—V'$ représente le travail développé par l'unité de quantité d'électricité pour passer d'une surface de niveau dont le potentiel est V à une surface de niveau dont le potentiel est V'; le travail développé par la quantité q d'électricité, lorsqu'elle passe de l'une des deux surfaces de niveau à l'autre, est $q(V—V')$.

Supposons maintenant le conducteur qui est traversé par le courant partagé en tranches par des surfaces de niveau très-rapprochées les unes des autres; si q représente la quantité d'électricité qui, dans un intervalle de temps très-petit, θ, passe de la première surface à la seconde, une égale quantité passera de la seconde à la troisième, de la troisième à la quatrième, et ainsi de suite.

Si V_1 est le potentiel de la première surface, V_a, V_b, V_c,

..... V_n et V_2 les potentiels des tranches suivantes, le travail développé par la quantité d'électricité q pour passer de la première surface à la seconde dans l'intervalle de temps θ est $q(V_1 - V_a)$; le travail développé par une même quantité pour passer de la seconde à la troisième surface est $q(V_a - V_b)$; de la troisième à la quatrième, $q(V_b - V_c)$ et ainsi de suite.

La somme de ces expressions donne le travail développé par le courant pendant l'intervalle de temps θ entre les surfaces de niveau V_1 et V; il est égal à à $q(V_1 - V_2)$.

La quantité d'électricité qui passe pendant l'unité de temps est égale à l'intensité I : le travail développé est $I(V_1 - V_2)$ ou IE, si l'on remplace la différence du potentiel $V_1 - V_2$ par la force électromotrice qui agit entre les deux points. Pendant l'intervalle de temps T le travail développé W est :

$$W = IET \text{ (*)},$$

ou

$$W = I^2RT,$$

puisqu'en vertu de la loi d'Ohm

$$I = \frac{E}{R} \quad \text{ou} \quad E = IR.$$

Lorsque l'électricité traverse un conducteur, elle n'acquiert pas de force vive et la loi d'Ohm en est la conséquence; s'il ne se produit pas de travail extérieur, la force vive de l'électricité W est entièrement absorbée par le conducteur et doit se transformer en chaleur qui élève sa

(*) Cette formule est la même que celle du travail développé par un courant d'eau fournissant une quantité I d'eau par seconde et qui tomberait d'une hauteur E.

En remplaçant dans la formule W=IKT les lettres W, I et E par leurs valeurs en fonctions des unités élémentaires de temps, de masse et de longueur, on est conduit naturellement à une identité.

température. La chaleur développée dans l'intervalle de temps T doit être l'équivalent du travail W ou de la quantité I^2RT.

L'unité absolue de travail est équivalente à 1 calorie divisée par 4.168.800 (n° 29); la quantité de chaleur Ch qui correspond à I^2RT et qui est développée dans le conducteur, exprimée en calories, est donc ;

$$Ch = \frac{I^2RT}{4168\,800},$$

ou

$$Ch = C_1 I^2RT,$$

si l'on pose :

$$C_1 = \frac{1}{4168\,800}.$$

On a ainsi une nouvelle relation qui permet de calculer en valeur absolue l'intensité I du courant lorsque la résistance R est connue, ainsi que la chaleur développée ou réciproquement.

Si l'on supposait la loi de Joule préalablement démontrée par l'expérience, on pourrait en déduire la loi d'Ohm car on aurait simultanément :

$$Ch = KIET$$

et

$$Ch = KI^2RT,$$

d'où

$$IE = I^2R$$

et

$$I = \frac{E}{R}.$$

127. — Les formules précédentes s'appliquent au circuit entier parcouru par le courant si E représente la somme de toutes les forces électromotrices et R celle de toutes les résistances qui composent le circuit.

Soient en effet R_1, R_2, R_3, etc. les résistances des divers conducteurs dont se compose le circuit, et dont la somme

est égale à R, l'intensité du courant qui traverse chacun d'eux est la même. Quant à la chaleur développée pendant l'unité de temps, elle est :

Pour le premier conducteur. . . . $Ch_1 = C_1I^2R_1$
Pour le second. . . . . $Ch_2 = C_1I^2R_2$
Pour le troisième. . . . . $Ch_3 = C_1I^2R_3$

et ainsi de suite.

La chaleur totale développée est :

$$Ch = Ch_1 + Ch_2 + Ch_3 + \dots\dots$$
$$= C_1I^2(R_1 + R_2 + R_3 + \dots\dots)$$

ou

$$Ch = C_1I^2R.$$

Si E_1, E_2, E_3, etc. sont les valeurs absolues des diverses forces électromotrices qui agissent sur le circuit et dont la somme algébrique est E :

$$E = E_1 + E_2 + E_3 + \dots\dots$$

et

$$I = \frac{E_1 + E_2 + E_3 + \dots\dots}{R}$$

et par suite la chaleur totale développée dans le circuit peut aussi se mettre sous la forme :

$$Ch = C_1I(E_1 + E_2 + E_3 \dots\dots)$$

ou

$$Ch = C_1IE.$$

En outre de la chaleur qu'il développe dans le conducteur, le courant électrique peut produire un travail spécial ; c'est ce qui a lieu lorsqu'il traverse une substance qu'il décompose, lorsqu'il attire ou éloigne un autre courant ou un aimant, lorsqu'il produit l'aimantation d'un fer doux autour duquel il circule. Dans ces divers cas, le courant produit un travail extérieur, et par suite l'échauffement du conducteur doit diminuer.

L'échauffement étant égal à C_1I^2R ou à $\frac{C_1E^2}{R}$, et la résistance R n'étant pas modifiée, il faut en conclure que la force électromotrice totale E est diminuée, et que par suite du travail effectué, il se développe une force électromotrice contraire à celle qui agit sur le circuit.

Telle est l'origine des forces électromotrices de polarisation et d'induction.

La chaleur que développe un courant dans un conducteur et le travail qu'il produit lorsqu'il attire ou repousse un autre courant, aimante un barreau de fer doux, décompose un corps composé, doivent correspondre à une perte égale d'énergie, de chaleur ou de force vive.

Dans les machines électriques à frottement et dans les appareils magnéto-électriques, l'énergie est fournie par le travail qu'il faut dépenser pour mettre la machine en mouvement, dans les piles thermo-électriques, par la chaleur qui chauffe l'une des soudures; dans les piles ordinaires, par le travail des actions moléculaires.

VI

ORIGINES ET PROPRIÉTÉS DES COURANTS ÉLECTRIQUES.

Développement de l'électricité à un haut potentiel.

128. *Développement de l'électricité par le frottement.* — Lorsque deux substances hétérogènes sont en contact, il se produit à la surface de séparation une différence de potentiel dont l'origine nous est inconnue, mais que l'on constate par ce fait que, si l'on sépare les deux substances,

on trouve l'une d'elles chargée d'électricité positive et l'autre d'électricité négative; il en résulte que pour opérer cette séparation, il faut développer plus de force ou de travail qu'il n'en a fallu pour amener les deux substances en contact; la différence se retrouve sous forme d'énergie électrique.

Telle est probablement l'origine du développement de l'électricité dans les machines dites à frottement.

Les machines électriques ordinaires comprennent comme parties essentielles un plateau tournant en verre ou en caoutchouc durci, des frotteurs en cuir et un conducteur isolé.

Au contact des coussins, le plateau se charge d'électricité positive s'il est en verre, ou négative s'il est en caoutchouc ou en ébonite, tandis que les coussins prennent le fluide contraire. Si l'on fait tourner le plateau isolant, le fluide dont il est chargé est entraîné; il devient libre et en passant à une petite distance de pointes ou de boules reliées au conducteur, il décompose par influence le fluide neutre de ce dernier, attire l'électricité de nom contraire et laisse libre l'électricité de même nom.

Quant au fluide développé sur les coussins, il se rend dans le sol ou électrise un second conducteur, suivant la forme de la machine.

La charge du conducteur augmente à mesure qu'on fait tourner le plateau de verre, mais ce dernier cède de moins en moins d'électricité en passant devant les pointes, et il arrive un moment où la charge ne s'accroît plus sensiblement.

Le potentiel qu'on peut développer dépend de la nature des corps qui produisent l'électricité par leur frottement, de l'état hygrométrique de l'air ambiant et de l'isolement plus ou moins grand des conducteurs.

Quant à la charge, elle est égale au produit du potentiel développé par la capacité électrostatique du conducteur qui dépend de ses dimensions et de sa forme, et qu'on peut augmenter par l'addition de condensateurs dont on met une des armatures en communication avec la terre.

Les conducteurs ou condensateurs électrisés par une machine possèdent une énergie électrique égale à la moitié du produit de leur charge par le potentiel développé (n° 88); cette énergie correspond au travail qu'il a fallu développer en sus des frottements ordinaires pour faire mouvoir la machine, c'est-à-dire pour vaincre l'attraction des fluides contraires développés sur les coussins et sur le plateau, la partie qui s'éloigne des coussins étant attirée avec plus de force que la portion qui s'en rapproche, qui a perdu tout ou partie de son électricité.

129. *Développement de l'électricité au contact de deux métaux.* — Le contact de deux métaux donne également lieu à une différence de potentiels, mais en raison de leur conductibilité, on ne peut, pour accroître la charge, adopter la forme de la machine ordinaire. M. Thomson y est parvenu en adoptant la disposition suivante :

Sur un cylindre de zinc repose un entonnoir en cuivre dont l'extrémité se trouve à peu près au milieu de la hauteur du cylindre. On verse dans l'entonnoir de la limaille de cuivre qui traverse, sans le toucher, le cylindre de zinc et tombe sur un bassin isolé, disposé pour recevoir la charge électrique.

Au contact du cuivre et du zinc, il se produit une différence de potentiel, celui du zinc étant positif et celui du cuivre négatif ou du moins inférieur à celui du zinc.

Chaque goutte de limaille, au moment où elle s'échappe, est électrisée négativement par influence et emporte le

fluide négatif qui charge de plus en plus le bassin inférieur.

L'énergie de la charge électrique acquise par le bassin correspond à une diminution de la chaleur développée par le choc des gouttes qui, soumises à l'attraction du cylindre de zinc, tombent un peu plus lentement que si elles étaient libres, et aussi au refroidissement de la soudure qui cède de la chaleur lorsqu'elle est traversée par l'électricité.

130. *Machines électriques fondées sur l'influence.* — Ces machines reposent sur la décomposition par influence du fluide neutre.

Un corps préalablement électrisé décompose le fluide neutre des conducteurs situés dans le voisinage en attirant l'électricité de nom contraire et repoussant celle de même nom qui s'écoule dans le sol, si pendant un instant on met le conducteur influencé en communication avec la terre.

Pour rendre l'électricité libre sur le conducteur chargé par influence, il faut l'éloigner du corps qui agissait sur lui et par conséquent développer, pour vaincre l'attraction des fluides contraires, un travail qui correspond à la quantité d'énergie que possèdent les fluides électriques après la séparation. C'est le principe de l'électrophore de Volta.

Dans les machines de Holtz, de Bertsch et de Carré, dont la description se trouve dans tous les traités modernes de physique, un plateau tournant de verre ou de caoutchouc durci, sépare le corps préalablement électrisé du conducteur qui porte des pointes en regard ; le fluide contraire du conducteur est attiré, s'échappe par les pointes et se porte à la surface du plateau tournant ; il est entraîné et se communique à un second conducteur

également armé de pointes, dont la charge s'accroît à chaque tour (*).

Comme dans les machines, à frottement le potentiel maximum que l'on peut développer a une limite qui dépend des dimensions de la machine, et de l'état hygrométrique de l'air ambiant.

131. — On donne encore aux appareils destinés à accumuler l'électricité une autre forme qui repose sur les deux principes suivants :

1° Un corps conducteur non électrisé placé dans l'intérieur d'un vase clos préalablement électrisé reste à l'état neutre tant qu'il est isolé, mais si on le met en communication avec la terre, il s'électrise par influence et sa charge, contraire à celle du vase, devient libre si, après avoir rompu la communication avec le sol, on le retire du vase.

2° Un corps conducteur électrisé, placé dans un vase clos et mis en communication avec lui, cède toute sa charge qui se porte à la surface extérieure du vase quelle que soit l'électrisation antérieure de ce dernier.

Supposons qu'on ait deux vases conducteurs isolés dont l'un possède préalablement une charge électrique, positive par exemple; si l'on plonge dans l'intérieur du vase électrisé, mais sans le toucher, une boule métallique et qu'on la fasse pendant un instant communiquer avec la terre, elle prendra une charge contraire à celle du vase; si on l'en retire à l'aide d'un manche isolant et qu'on l'introduise dans l'intérieur du second vase de façon à le toucher, elle abandonnera toute sa charge qui

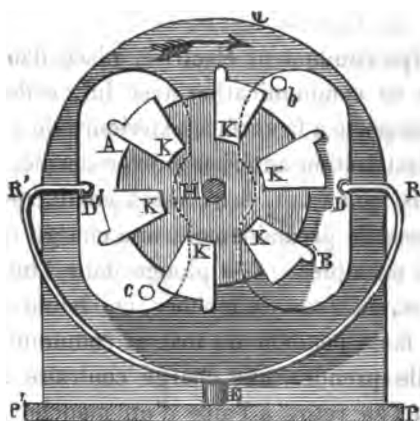
(*) Dans les machines de Holtz, dont la forme est d'ailleurs variable, il y a deux disques influençants en papier, dont l'un est préalablement électrisé; l'autre se charge, pendant la rotation de la machine, de fluide contraire.

se portera sur la surface extérieure de ce dernier et l'électrisera négativement. En répétant l'opération on ajoutera chaque fois sur le second vase une égale charge d'électricité.

On augmente la rapidité de la charge en isolant la boule dans le second vase après avoir opéré le contact, puis en la mettant en communication avec la terre; elle prend en effet une charge contraire, c'est-à-dire de même signe que celle du premier vase, sur lequel on peut la reporter de la même manière en touchant un point quelconque de l'intérieur.

L'accumulateur de M. Varley, fondé sur ce principe, se compose (*fig.* 40) d'une série de conducteurs K, K, K

Fig. 40.



fixés sur une roue en ébonite mobile autour d'un axe et qui tourne à l'intérieur de deux pièces conductrices en cuivre A et B qui l'enveloppent complétement (la partie supérieure de la boîte est supposée enlevée dans la figure).

En tournant la roue en ébonite, les pièces conductrices K, K, K rencontrent successivement des contacts b et c qui les mettent en relation avec les pièces métalliques, et des contacts D et D', qui sont reliés à la terre par le montant RER'.

On communique préalablement une petite charge électrique à l'une des pièces A ou B, et l'on fait tourner la roue en ébonite dans le sens de la flèche.

Supposons la pièce A électrisée positivement. Chaque mobile K en passant devant le contact D' s'électrise négativement par influence; son électricité positive allant dans le sol; puis en rencontrant le contact b il abandonne son électricité négative qui se porte à l'extérieur de la pièce B; il s'électrise positivement au moment où il rencontre le contact D et abandonne son électricité positive à la pièce A lorsqu'il rencontre le contact c. La charge des deux pièces métalliques A et B augmente donc peu à peu, jusqu'à ce qu'il éclate des étincelles.

On peut se dispenser de mettre les contacts D et D' en communication avec la terre; il suffit de les mettre en relation l'un avec l'autre par un conducteur métallique.

En tournant la roue H en sens contraire, on produirait évidemment la décharge des deux conducteurs A et B.

On obtiendrait en B des charges croissant à chaque tour de quantités égales en supprimant les boutons c et D et en mettant le bouton D' en communication avec la terre, à la condition toutefois que la charge de A reste constante.

C'est un appareil de ce genre, dont la forme est seulement un peu différente, que M. Thomson a joint à son électromètre à quadrant (nº 69) pour recharger le condensateur qui électrise la feuille mobile d'aluminium, lorsque son potentiel diminue, ce qu'on reconnaît aux

indications d'une jauge, et, comme nous l'avons dit, l'appareil peut être disposé de façon à se recharger automatiquement à mesure que la charge diminue.

C'est aussi un rechargeur que M. Thomson a appliqué à son *cracheur d'encre* destiné à l'enregistrement, sans frottement, des signaux transmis à travers les câbles sous-marins, signaux qu'on obtient à l'aide de courants extrêmement faibles. Un siphon plonge d'une part dans l'encre et de l'autre arrive à une très-petite distance du papier sur lequel les signaux doivent s'enregistrer. Il est mis en mouvement par une bobine qui se meut sous l'influence du courant de la ligne, et oscille parallèlement au papier ; ce dernier passe sur un cylindre qui est maintenu par un rechargeur à un potentiel élevé. L'encre étant au potentiel zéro est attirée, se projette sur le papier, et y laisse une trace continue qui, par ses sinuosités, fait connaître les signaux transmis.

132. *Rendement des machines électriques.* — Le rendement des machines électriques peut être étudié à deux points de vue différents, suivant qu'on envisage l'électricité développée à l'état statique ou à l'état dynamique.

On peut, en premier lieu, chercher le potentiel maximum qu'une machine est susceptible de développer sur un conducteur isolé, potentiel qui dépend de la forme et des dimensions de la machine, et de l'état hygrométrique de l'air ambiant.

Les machines électriques de Holtz sont celles qui développent le plus haut potentiel.

Nous avons indiqué, au n° 96, le chiffre 30 comme représentant en unités électrostatiques absolues (les unités fondamentales étant le mètre, la masse du gramme et la seconde) le potentiel maximum que l'on peut déve-

lopper dans les meilleures conditions à l'aide des plus fortes machines.

L'étude des machines électriques au point de vue dynamique consiste à chercher l'intensité du courant continu qu'elles peuvent produire, avec une vitesse de rotation connue du plateau tournant, sur un circuit d'une résistance donnée.

MM. Gauss et Poggendorff, qui ont fait les premiers cette étude, n'ayant employé que des circuits peu résistants, n'observèrent pas de variation de courant en faisant varier la grandeur de la résistance; elle a été reprise par M. Kohlrausch, puis par M. Rosetti qui ont été conduits à des conclusions différentes.

Suivant M. Rosetti, les machines électriques ordinaires à plateau tournant constituent des électromoteurs qui donnent lieu, lorsqu'on les met en mouvement, à des courants électriques soumis aux mêmes lois que les courants des piles voltaïques, c'est-à dire que l'intensité du courant développé dans un conducteur est proportionnelle à la force électromotrice de la machine et en raison inverse de la résistance extérieure, augmentée d'une quantité déterminée qui représente la résistance de la machine (*).

La force électromotrice dépend de la vitesse de rotation et de l'état hygrométrique de l'air ambiant; elle décroît, à mesure que le degré d'humidité de l'air environnant augmente.

Quant à la résistance, elle varie avec la vitesse de rotation du plateau mobile et diminue à mesure que cette vitesse s'accroît, mais la diminution suit une loi un peu plus rapide que l'accroissement de la vitesse.

(*) *Annales de physique et de chimie*, année 1875.

D'après les expériences de M. Rosetti, la plus grande force électromotrice que l'on peut développer avec une machine de Holtz serait environ 52.000 fois plus grande que celle d'un élément Daniell; en unités électrostatiques absolues elle serait donc 52.000 × 0,000.374 ou environ 20 : [0,000.374 étant celle de l'élément Daniell].

La différence entre ce chiffre et le chiffre 30 que nous avons déduit des expériences de M. Thomson (n° 96) s'explique par l'influence des dimensions et des formes des machines et des conditions de l'expérience.

Quant à la résistance intérieure de l'électromoteur de Holtz, ou à la grandeur qui, dans la formule, correspond à cette résistance, elle est très-considérable et décroît à mesure que la vitesse augmente. Pour une bonne machine de Holtz, elle peut être évaluée, suivant M. Rosetti, à 2.810 millions d'unités Siemens (*) avec une vitesse de rotation du plateau tournant de 2 tours par seconde.

Avec une vitesse de 8 tours par seconde, qui est une bonne vitesse pratique, la résistance de la machine est de 570 millions d'unités Siemens ou environ 57 millions de kilomètres de fil de fer de 4 m/m de diamètre.

Lorsqu'on fait usage de fils métalliques pour fermer le circuit, leur résistance disparaît devant la résistance intérieure de la machine, c'est ce qui explique comment MM. Weber et Poggendorff, qui faisaient usage de résistances extérieures trop faibles, n'ont pas constaté qu'elles eussent de l'influence sur l'intensité du courant.

Si l'on représente par 1 l'intensité du courant produite

(*) On sait que l'unité Siemens est la résistance d'une colonne de mercure d'un mètre de hauteur et d'un millimètre carré de section et correspond à celle d'un fil de fer de 4 millimètres de diamètre et de 100 mètres de longueur.

par un seul élément Daniell sur un circuit total ayant pour résistance 1 kilomètre de fil de fer de $4^{m}/^{m}$ de diamètre (ou 10 unités Siemens), l'intensité du courant que donnera une bonne machine électrique de Holtz tournant avec une vitesse de 8 tours par seconde, dans les meilleures conditions atmosphériques, sur un circuit de résistance R, R étant exprimé en kilomètres de fil de fer de $4^{m}/^{m}$, sera :

$$I = \frac{52.000}{R + 57.000.000}.$$

Si l'on néglige la résistance extérieure R,

$$I = \frac{52}{57.000} = \frac{1}{1100}.$$

L'intensité maximum de la machine est donc $\frac{1}{1.100}$ de celle produite par un élément Daniell sur un circuit total d'un kilomètre, ou égale à celle d'un seul élément Daniell sur un circuit de 1.100 kilomètres de fil de fer de $4^{m}/^{m}$ de diamètre.

133. — On peut, nous semble-t-il, déduire l'analogie entre les lois des machines électriques et celles des piles de l'examen des faits.

Prenons comme exemple une machine à frottement dont les coussins sont en communication avec la terre. Le plateau de verre prend au contact des coussins une charge électrique qui devient libre lorsque la partie frottée s'en éloigne; représentons par V le potentiel de cette charge, lorsqu'elle arrive en face des pointes par lesquelles une partie du fluide s'échappe pour se rendre dans le sol par un conducteur de résistance R. Soit V_1 le potentiel du conducteur auprès des pointes; la quantité d'électricité perdue par le plateau pendant l'unité de temps est $(V - V_1)hu$, en représentant par u la vitesse de

rotation et par h une constante dépendant de la forme de la machine. L'intensité I du courant dans le conducteur, qui, d'après la formule d'Ohm, a pour expression $I = \frac{V_1}{K}$, est égale à la quantité d'électricité perdue par le plateau.

On a donc :

$$(V - V_1)hu = \frac{V_1}{R};$$

d'où l'on tire :

$$V_1 = \frac{huVR}{1 + huR},$$

et par suite l'intensité I devient

$$I = \frac{V}{\frac{1}{hu} + R}.$$

Le terme $\frac{1}{hu}$ représente ce qu'on peut appeler la résistance de l'électromoteur.

Les choses se passent de la même manière avec les machines de Holtz, de Bertsch, etc., mais il n'en est par de même pour celles dont nous avons parlé au n° 132, telle que celle de Varley, car la quantité d'électricité fournie par l'appareil pendant l'unité de temps est constante, c'est-à-dire indépendante de la situation électrique des conducteurs par lesquels se fait la décharge.

Si les deux conducteurs A et B (*fig.* 40) sont reliés par un fil métallique, l'intensité du courant sera égale à $\frac{V}{R}$, V étant la différence du potentiel des deux plaques métalliques et R la résistance du fil qui les réunit.

Lorsque la machine est en mouvement, la différence de potentiel V augmente donc jusqu'à ce que l'intensité

du courant $I = \frac{V}{R}$ soit égale à la quantité d'électricité fournie dans l'unité de temps par la machine, qui dépend de sa forme et de la vitesse de rotation.

E. E. Blavier.

LES PILES ET LEUR EMPLOI

DANS LA TÉLÉGRAPHIE

PAR JAMES SIVEWRIGHT,
superintendant Post-office telegraphs.

(Fxtrait d'un Mémoire lu à la Société des ingénieurs des télégraphes, le 10 mars 1875.)

Je ne me propose pas d'entrer dans l'histoire de l'élément galvanique ou voltaïque; depuis sa découverte jusqu'à ce jour, on a presque sans exception employé deux métaux différents avec un ou deux liquides. On vit cependant surgir de bonne heure deux théories opposées pour expliquer l'action de la pile, et ces deux théories ont seules occupé le champ jusqu'à une date comparativement récente.

Volta, en combattant l'opinion de Galvani, que les convulsions des cuisses de ses grenouilles étaient dues à l'électricité animale, avança le premier, en 1792, la théorie du *contact*.

En peu de mots, voici cette théorie : non-seulement l'orgine de l'action observée dans un élément, mais aussi la continuation de cette action est due au contact de deux métaux différents; la simple présence de ces métaux en contact engendre et maintient une force qui est la seule cause de toute l'énergie développée. Volta et ceux qui le soutinrent ensuite dans ce sens ignoraient la dynamique. Le grand principe de la conservation de l'énergie, dont la vérité est maintenant universellement

admise, mais qui est en opposition directe avec cette théorie, était alors inconnu. Les partisans de Volta ne savaient pas que la quantité d'énergie de l'univers est constante; que la création de « novo » de la plus petite fraction d'énergie est aussi au-dessus du pouvoir de l'homme que le pouvoir d'ajouter une molécule de matière à ce qui existe déjà. Tout ce que l'homme peut faire, c'est de changer la forme de l'énergie; mais dans quelque forme qu'elle apparaisse, il faut la reconnaître comme l'équivalent d'une autre forme préexistante qui, comme Protée, est seulement obligée de prendre une autre apparence. Ainsi, pour produire de l'électricité, il doit y avoir transformation d'énergie d'une forme en une autre quelconque, que ce soit du mouvement, du magnétisme, de la chaleur ou de l'action chimique.

La même année que furent publiées les idées de Volta, Fabroni suggéra que l'action chimique pouvait être une des causes en action. Cela donna lieu à la théorie *chimique*, qui est en contradiction directe avec la théorie du contact, et qui établit que les métaux par eux-mêmes n'ont aucun pouvoir d'engendrer ou de maintenir le courant, mais que les phénomènes sont entièrement le résultat de l'action chimique et proportionnels à cette action dans chaque élément. Faraday, dont le nom doit être à jamais associé à cette théorie, exécuta une série d'expériences tout à fait dignes de lui, et qui semblaient prouver incontestablement que l'idée soutenue par les partisans de l'action chimique était correcte. Je n'ai besoin que de renvoyer à la belle expérience bien connue des plaques de fer et de platine trempées dans du sulfure de potassium, qui, au moment où elle fut faite, établit la conviction de la vérité de la théorie chimique.

Si, dans cette expérience, on eût placé un électro-

mètre moderne à réflexion de Thomson dans le fil reliant les deux plaques extérieures de platine, au lieu de l'appareil relativement imparfait dont se servait Faraday, il est hors de doute que son œil attentif eût découvert l'erreur qui existait dans cette théorie, et son intelligence perçante ne se serait pas reposée jusqu'à ce qu'il eût trouvé une solution plus satisfaisante de ce problème, auquel il a consacré tant de temps et de travail, — problème qui, même à l'heure présente, nonobstant les efforts qui ont été faits, attend encore une explication.

La dernière théorie qui a été produite cherche à concilier les opinions opposées qui furent adoptées par les partisans du contact et de l'action chimique : car elle accorde aux premiers que l'action initiale est due au simple contact des corps hétérogènes, et aux derniers que l'action peut seulement être maintenue par le travail chimique.

C'est un fait maintenant incontestable que le contact de deux métaux dissemblables les met dans des conditions électriques différentes, — ou, en d'autres termes, — détermine entre eux une différence de potentiel électrique. Et cela se produit non-seulement entre deux métaux différents, mais le contact d'un métal avec un liquide produit le même effet à un autre degré, quoique, ceci est étrange à dire, si deux métaux hétérogènes sont plongés dans le même liquide, on n'observe pas le phénomène : les deux corps paraissent rester exactement dans la même condition électrique. Si la chose est telle en réalité, ou si elle nous paraît telle à cause des moyens défectueux d'observation, voilà ce qu'il est difficile de dire, quoiqu'il semble que l'expérience de sir William Thomson, publiée pour la première fois dans le *Traité d'élec-*

tricité et de magnétisme, du professeur Fleeming Jenkin, soit réellement concluante sur ce point.

Au-dessus de deux demi-disques, l'un en cuivre, l'autre en zinc, placés symétriquement l'un par rapport à l'autre, est suspendue une bande plate de métal ou aiguille, chargée à un haut potentiel. Tant que les disques ne sont pas reliés ensemble, l'aiguille reste au repos; mais aussitôt qu'ils sont amenés au contact ou unis par un fil métallique, l'aiguille est déviée dans une direction qui varie avec la nature de la charge qu'on lui a communiquée. Si l'on charge l'index avec de l'électricité de nom contraire, le sens de la déviation sera changé. Au lieu d'un fil métallique, supposons qu'une goutte d'eau établisse la communication entre les deux disques : l'aiguille revient alors à sa position de repos et y reste, quelle que soit sa charge positive ou négative.

Quoique, dans un élément ordinaire, les deux métaux, zinc et cuivre, par exemple, et le liquide restent dans la même condition; cependant, si l'on relie les deux métaux par un fil de cuivre, on déterminera à la jonction de ce conducteur avec le zinc une différence de potentiel, tout comme si les deux métaux eux-mêmes avaient été amenés en contact. Le zinc a le plus haut potentiel, c'est-à-dire est positivement électrisé, et le fil de cuivre a le plus bas potentiel, c'est-à-dire qu'il est électrisé négativement. Comme il n'y a que peu ou point d'opposition à l'égalisation de ces deux états, il y a transfert apparent d'électricité, ou, en d'autres termes, un courant s'établit et se maintient du point qui a le plus haut potentiel au point qui a le plus bas potentiel.

Mais pour produire et conserver ce courant qui est capable de faire un travail, il doit y avoir consommation

d'une quantité équivalente d'énergie sous une autre forme.

Découvrir cet équivalent, c'est le point faible de l'ancienne théorie du contact aussi bien que de la théorie moderne de l'action de la pile. Le simple contact de deux métaux hétérogènes les met dans des conditions électriques différentes ; ce fait est accompagné de travail ou de pouvoir de produire du travail. Cependant, autant que nous pouvons en juger jusqu'à présent, il n'y a aucune consommation d'énergie correspondant à ce travail. Cela résulte-t-il d'un nouvel arrangement des dernières molécules de matières, — la puissance qui est ainsi soudainement mise en évidence peut-elle être le résultat d'un choc entre eux des atomes des métaux qui sont amenés au contact. — C'est ce qu'il est impossible de dire.

La conservation du courant est expliquée d'une manière satisfaisante par l'action chimique qui se produit dans l'élément, action dans laquelle l'hydrogène est dégagé et le zinc oxydé. Il y a ici transformation d'une forme d'énergie, qui paraît sous un autre aspect dans le courant galvanique. En effet, on peut mesurer la force du courant par l'énergie de l'action chimique qui a lieu dans l'élément.

Par conséquent dans chaque pile il se produit une action chimique, c'est-à-dire que l'un ou l'autre des éléments composant le liquide doit posséder le pouvoir de se combiner chimiquement avec l'un ou l'autre des métaux employés dans la batterie ; et c'est à cette action chimique, qui est indispensable, que sont dus les principaux défauts qu'on rencontre plus ou moins dans toutes les formes de piles. Le zinc, qui est à peu près invariablement employé comme élément positif, est oxydé, et

l'hydrogène s'accumule sur l'élément négatif. Mais le simple contact de l'hydrogène et du cuivre donne à ce gaz un potentiel positif, et fait qu'il se conduit de la même manière que le zinc, c'est-à-dire qu'il s'établit un courant prenant naissance au contact de l'hydrogène et de la plaque de cuivre, et traversant le liquide dans une direction opposée à celle du courant principal. La force électromotrice résultante est ainsi diminuée et varie suivant que l'hydrogène se forme ou se recombine avec l'oxygène mis en liberté par l'action secondaire.

Cette *polarisation galvanique*, comme on l'a malheureusement nommée, est par suite le premier obstacle à surmonter dans toute pile qui est proposée pour un service pratique général; se délivrer de cette force électromotrice antagoniste, tel est l'objet principal de toutes les piles appelées *constantes.*

Un autre danger, sur lequel il est nécessaire d'attirer l'attention avant de considérer quelques-unes des diverses formes de batteries constantes, est celui qui est connu sous le nom d'*action locale.* Cette action est principalement due aux impuretés des métaux qu'on emploie. Prenons une plaque de zinc contenant de petites quantités d'autres métaux, du fer, par exemple, et plongeons-la dans un liquide. Toutes les conditions nécessaires à l'existence d'un courant et à la création d'une action galvanique entre ces diverses substances sont remplies; il se forme, par suite, des courants locaux qui entraînent une usure inutile.

Voici les trois conditions principales qui doivent être remplies par une pile parfaite pour un service quotidien :

1° Le courant de cette pile doit être constant;

2° Quand la pile n'est pas mise en activité, il ne doit

y avoir aucune action accompagnée d'une inutile consommation de matière;

3° Les matières employées dans sa construction et pour son entretien doivent être peu coûteuses ou, en tous cas, aussi peu coûteuses que possible, et leur manipulation ne doit présenter aucune difficulté ni aucun danger.

Il y a d'autres points analogues qu'on pourrait signaler, mais ceux que je mentionne contiennent, je pense, les principales conditions qui, si elles étaient réalisées, nous donneraient une pile parfaite. L'importance à attacher à chaque condition est si évidente d'elle-même qu'il n'est pas nécessaire d'insister.

Prenons maintenant quelques modèles des batteries qui sont employées dans tous les pays; demandons-nous jusqu'à quel point elles approchent de ces *desiderata* et sous quels rapports elles s'en éloignent.

Pile Daniell.

L'idée essentielle d'une pile Daniell est l'emploi de deux liquides, au lieu d'un seul, séparés l'un de l'autre par un diaphragme poreux. En disposant l'électrode cuivre dans une dissolution de sulfate de cuivre, cette batterie facilite le dépôt d'un équivalent de cuivre contre l'équivalent d'hydrogène qui est dégagé à ce pôle, et écarte réellement la polarisation galvanique. L'application de ce principe aux batteries employées en Angleterre pour le service télégraphique, fut, je crois, primitivement faite par M. John Fuller. La pile à sulfate qu'il introduisit remplaça les défectueuses piles à sables employées aux premiers jours de la télégraphie.

Les piles à sable étaient de simples couples galva-

niques, cuivre et zinc, plongés dans de l'eau acidulée d'acide sulfurique, dans la proportion de douze parties d'eau pour une d'acide. L'addition du sable, — la seule découverte à enregistrer dans cette pile, — fut le résultat d'un accident. M. William Fothergill Cook, en essayant quelques lignes, eut l'occasion de placer la batterie d'essai, durant son voyage d'une station à une autre, dans un camion contenant du sable. Une petite quantité de cette matière tomba accidentellement dans la pile, dont le travail ne fut cependant pas interrompu. A partir de ce jour jusqu'à l'introduction de la batterie à sulfate, la pile à sable devint le modèle pratique de générateur employé en Angleterre.

Nous donnons ici la description de la pile Daniell communément employée en Angleterre. La forme de caisse est adoptée par la simple raison qu'elle est aisément maniable et qu'elle permet de placer le plus grand nombre d'éléments dans un espace donné. On se sert de bois de *teak* dans la confection de la caisse, à cause de sa durée et du peu de tendance qu'il a à travailler. La caisse est divisée par des cloisons d'ardoises en dix cellules, et chacune de celles-ci est encore subdivisée par une plaque de porcelaine non vernie. Cependant, avant l'insertion de la porcelaine, la caisse est revêtue de glu marine dans le but de la rendre parfaitement étanche, et en même temps d'empêcher les pertes d'un élément à un autre. Nonobstant ces précautions, la fuite des éléments est le plus commun des défauts, en petit nombre d'ailleurs, qu'on trouve dans cette pile. Ce défaut tient peut-être à ce que la glu marine est de qualité inférieure, fait qui n'est pas rare maintenant que la valeur commerciale de la gomme laque, un de ses constituants, s'est élevée depuis ces dernières années ; ou à des vices dans

le mode de chauffage de la glu et de revêtement de la caisse. Quelquefois, par exemple, les ardoises sont introduites avant que la caisse soit enduite de glu : une perte s'établira entre deux éléments voisins si le liquide vient à passer autour des bords des ardoisses et par les interstices qui existent entre elles et la caisse. Quoiqu'on mette plus de temps pour garnir la caisse de glu, avant l'introduction des ardoises, et revêtir les rainures aussi bien que les côtés qui y pénètrent, on risque beaucoup moins d'avoir des pertes, et l'absence de ce danger dans l'exploitation compense pleinement l'augmentation du prix par cette méthode.

Les plaques poreuses sont alors introduites, et, en retournant une ou deux fois la caisse sur un côté et sur l'autre, elles sont également enduites de glu sur leurs bords et même à une petite distance des parois de la caisse. Les plaques de pile sont ensuite placées, les cristaux de sulfate de cuivre déposés dans le compartiment réservé au cuivre, et l'eau versée dans les deux cellules jusqu'à une petite distance au-dessous du bord supérieur des plaques métalliques.

En examinant la nature des plaques, il est utile de remarquer que les résultats obtenus par l'usage des zincs coulés dans un moule fermé, — procédé qui commence maintenant à prévaloir, — sont plus satisfaisants que ceux obtenus par l'emploi des zincs coulés dans un moule ouvert. La compacité et l'homogénéité de surface que présentent les premiers témoignent tout à fait en faveur des moules fermés. Les plaques fondues dans ces sortes de moules sont consommées d'une façon plus uniforme et doivent ainsi contribuer à la constance de la pile.

La constance est le trait principal de l'élément Da-

niell ; à cet égard cette pile n'a été surpassée par aucune de ses rivales ; elle répond mieux que toutes les autres à la première condition d'une bonne pile pour les usages télégraphiques.

Mais pour la seconde condition, elle est bien loin de la batterie idéale : l'énorme consommation de matières due à la présence des deux liquides, à cause de l'*osmose*, qui produit une diffusion continue d'un liquide à l'autre, est le principal défaut du Daniell. L'action chimique qui a constamment lieu est hors de proportion avec la quantité réelle de travail accompli, et c'est seulement dans le cas où l'on met la batterie en activité continue qu'on peut utiliser à peu près la quantité totale de l'énergie développée.

Divers efforts ont été tentés pour réduire, autant que possible, cette action ; mais elle est inhérente à toute pile dans laquelle on emploie deux liquides de densités différentes, et l'on doit s'y attendre toujours à un degré plus ou moins grand. On a proposé d'augmenter l'épaisseur des séparations poreuses : ce serait sans doute empêcher, jusqu'à un certain point, le mélange des deux solutions, mais cette disposition augmenterait la résistance ; au delà d'une certaine limite l'épaisseur de la plaque introduit dans la pile un inconvénient plus grand que celui dont on veut se débarrasser.

On a émis des opinions opposées sur l'action que le courant exerce sur l'osmose. M. Culley dit : « Le liquide passe à travers la cloison poreuse, du zinc au cuivre, en vertu de la singulière propriété qu'ont toutes les substances poreuses qui séparent des liquides dissemblables, propriété appelée « osmose. » Le liquide s'élève quelquefois de 1 pouce ou plus ($0^m,025$) dans le compar-

timent du cuivre. Le courant aide ce mouvement. » (*Practical Telegraphy*, 6e édition, page 16, § 41.)

D'un autre côté, M. Sabine constate que la destruction de l'élément par la diffusion *se produit plus vite quand le circuit est ouvert que quand il est fermé* (*Electric Telegraph*, pages 223, 224). Et dans l'*Electrician*, la même opinion est exprimée dans une série d'articles sur l'*Electric and international Telegraph Company*, par un auteur qui, faisant un pas de plus, dit, à propos des circuits à courant continu : « Dans ce système, quand la ligne n'est pas en transmission, le courant de la pile circule d'une façon continue et dévie les galvanomètres de toutes les stations. Quand on doit transmettre une dépêche, l'opérateur du bureau interrompt le courant de ligne, c'est-à-dire rompt le circuit en tournant un petit levier de cuivre attaché à la clef. Immédiatement tous les galvanomètres embrochés reviennent au zéro... On pourrait supposer que l'action continue de la batterie est accompagnée d'une grande dépense de matériel; cependant, tel n'est pas le cas. L'augmentation de consommation du zinc est compensée largement par la diminution de l'exosmose de la solution de cuivre du vase poreux de la pile pendant que la batterie est en activité, la diffusion de cette solution et son action sur le zinc étant une source d'usure plus grande dans la pratique que celle qui résulte du travail régulier de la pile. » (*The Electrician*, vol. I, n° 14, 7 février 1862.)

Dans le cas où le système de transmission à courant continu (*circuit fermé*) serait jamais introduit en Angleterre, ce point aurait une importance capitale : car un des principaux arguments élevés contre son adoption est précisément l'énorme dépense de pile qui s'ensuivrait nécessairement sur beaucoup de circuits. Si cependant la

consommation de matières dans la pile Daniell est effectivement moindre quand le circuit est ouvert que quand il est fermé, il y aurait là un argument direct en faveur de son introduction. En Amérique, ce système est généralement employé, et les difficultés de réglage, qui troublent souvent la transmission ordinaire à courant interrompu (*circuit ouvert*) quand il y a plusieurs appareils dans le même circuit sont, paraît-il, si légères qu'elles n'offrent en pratique que peu ou point d'inconvénients.

A l'égard de la troisième condition, bon marché dans la construction et l'entretien, combiné avec une manipulation facile, cette disposition de la pile Daniell peut tenir son rang. 10 éléments valent 1 £ 1 s. (26f,25) et le coût moyen des matériaux consommés pendant une année peut être fixé à 8 s. (10 francs).

Pile Leclanché.

La plus redoutable rivale avec laquelle la pile Daniell ait eu à compter est la batterie inventée par M. Leclanché, de la compagnie des chemins de fer de l'Est, en France.

Cette pile fut essayée en Angleterre il y a cinq années environ, et depuis son introduction elle a remplacé dans une forte proportion la pile Daniell ainsi que les autres formes de piles à deux liquides. Excepté la batterie Daniell, je ne puis trouver aucune autre pile à mettre en ligne avec le générateur Leclanché. C'est une pile à un seul liquide. En considérant l'inutile dépense de matériaux qui se produit dans les piles à deux liquides, et surtout dans le Daniell, M. Leclanché fut amené à chercher une batterie dans laquelle l'action chimique fût exactement équivalente au travail accompli. Il espère avoir réussi par l'emploi du peroxyde de manganèse en

présence de sels ammoniacaux. Le zinc trempé dans une solution de chlorhydrate d'ammoniaque, le sel ammoniac ordinaire du commerce, forme l'élément positif; le peroxyde de manganèse, l'élément négatif. La facilité avec laquelle celui-ci perd une partie de son oxygène quand il est amené en contact avec des corps combustibles le rend très-propre à jouer ce rôle. Le manganèse, sous la forme aiguillée, est mêlé avec un égal volume de charbon de cornue. On place une plaque de charbon dans le vase poreux qui contient ce mélange, afin de recueillir l'électricité développée; le fil de fer qui forme conducteur interpolaire est fixé d'une part au zinc et, de l'autre, au moyen d'une vis de pression, à une calotte de plomb fixée sur la plaque de charbon.

Aussitôt que le circuit est fermé, le chlore (Cl) est mis en liberté à la plaque positive et il se forme un chlorure de zinc ($Zn\,Cl^2$), sel extrêmement soluble. Le radical ammonium (NH^4) est rapidement oxydé, les produits de la décomposition étant de l'eau (H^2O) et du gaz ammoniaque libre (NH^3). L'action qui se produit dans un élément peut donc être symboliquement représentée comme il suit :

Avant le contact. . . $Zn,\ 2\,NH^4,\ Cl,\ 2(MnO^2)\,C.$
Après le contact. . . $Zn\,Cl^2,\ 2\,NH^3,\ H^2O,\ Mn^2O^3,\ C.$

En examinant ces formules, on ne peut rien voir de plus simple : l'action semble théoriquement parfaite, et les nombreux défauts des précédentes batteries paraissent être bannis de celle-ci. L'expérience et la pratique ont montré qu'il n'en est pas ainsi, mais qu'au contraire la pile Leclanché, bien que très-supérieure aux autres piles à un seul liquide déjà essayées, conserve encore quelques-uns de leurs désavantages. Tant que se produit

l'action indiquée plus haut, le travail de la pile ne laisse rien à désirer; mais les actions secondaires commencent bientôt à se montrer si l'on exige un travail continu. La polarisation galvanique se produit et la résistance intérieure de la pile s'élève, et, pour ces deux causes, la constance de la pile est sérieusement affectée. Je crois que c'est la seule explication qu'on puisse donner de ce fait, maintenant généralement connu, que la pile Leclanché ne peut servir à l'entretien d'un courant constant, qu'elle ne convient pas à un circuit local, et qu'on ne peut compter sur elle pour un circuit très-occupé. La polarisation galvanique résulte de ce que l'hydrogène s'accumule sur la plaque négative, sa présence sur cette plaque étant due très-probablement à la même cause que sa présence sur le charbon dans la pile Marié-Davy. L'ammonium NH^4 se transforme en ammoniaque et l'hydrogène H doit être libéré en trop grande quantité pour qu'un oxydant, même aussi énergique que le peroxyde de manganèse (MnO^2), puisse le brûler. Je ne saurais dire si l'on pourrait jusqu'à un certain point écarter cette difficulté en augmentant la quantité de peroxyde de manganèse, et quel effet en résulterait sur l'action de la batterie.

La résistance intérieure de la batterie varie à cause de la formation des sels doubles, oxychlorures de zinc et chlorures de zinc ammoniacaux; il faut alors pour dissoudre ces sels plus de temps et une dissolution plus concentrée de sel ammoniac que pour agir sur le chlorure de zinc simple. C'est pour cette raison que M. Leclanché recommande l'usage d'une *forte dissolution saline* dans le compartiment du zinc. Quand la batterie peut se reposer un certain temps, l'hydrogène disparaît et avec lui la polarisation galvanique. Les sels doubles sont dissous

et la pile reprend avec une étonnante rapidité sa force primitive.

Ce manque de constance est le grand défaut de la pile Leclanché pour un usage général, et à cet égard elle ne peut supporter la comparaison avec la pile Daniell; mais par rapport à la seconde condition que doit remplir une pile pratique, la batterie Leclanché ne semble rien laisser à désirer. Avec un seul liquide, aucune action d'osmose ne peut se produire, et quand la batterie est au repos, on peut dire qu'elle se repose réellement. Toutefois, cette conclusion ne peut être posée sans réserve : car, bien qu'il ne puisse se produire aucune consommation inutile de matériaux, comme dans la pile Daniell, par suite de la diffusion des liquides, on trouve cependant dans la pile Leclanché une action qui non-seulement détruit certaines parties de l'élément, mais encore est le germe d'un travail indifférent qui peut finalement amener une détérioration complète. Je fais allusion à l'action locale qu'on observe, dans les premières formes de l'élément, au point où la vis de cuivre, le fil de fer et la calotte de plomb sont unis ensemble, ainsi qu'à la formation du blanc de plomb ($PbCO^3$), à l'endroit où la tête de plomb et le charbon sont en contact. Deux métaux différents sans la présence d'un alliage suffiraient à expliquer l'action qui se produit à la vis de contact. Pour éviter les ruptures causées parfois par les sels métalliques qui se sont formés à ce point, le fil de fer est maintenant souvent soudé sur la tête de plomb. Cette disposition est bonne et remplit bien le but qu'on veut atteindre, mais aucun système n'a encore été imaginé pour empêcher la formation du blanc de plomb.

Au lieu de visser la vis sur la tête de plomb, on soude parfois un pas de vis au sommet de la masse de plomb

et le fil conducteur est fixé au moyen d'un écrou de cuivre. Ce dernier système semble convenir très-bien et est certainement supérieur au premier : car lorsque la vis a été plusieurs fois dévissée, le trou dans lequel elle pénètre s'élargit et son filet n'a plus aucune prise.

La tête de plomb doit être assujettie aussi étroitement que possible sur le charbon, et l'on doit avoir la précaution de la tremper ensuite dans la paraffine fondue, jusqu'à ce que cette substance monte un peu au-dessus du plomb ; et encore, malgré cela, l'action particulière mise en évidence par la formation du carbonate de plomb se développe tôt ou tard et oblige d'ôter le vase poreux.

La corrosion des fils de fer conducteurs par les émanations du gaz ammoniac mis en liberté pendant le travail de la pile a soulevé quelques plaintes, mais on y a obvié avec succès en recouvrant soigneusement le fer avec une substance non oxydable : la composition Chatterton, le caoutchouc, la gutta-percha, le goudron, la peinture ou la graisse.

Le vase de verre, à cause de sa fragilité, peut être critiqué dans la composition de la batterie, mais on peut aisément y remédier.

La principale source de trouble et de dépense dans l'entretien de la pile Leclanché réside dans l'emploi des vases poreux, qui s'écaillent et se fendent inévitablement. Quelle peut être la cause de ces fractures ?

Nous avons vu que dans l'action de la pile le chlorure de zinc, sel extrêmement soluble, prend naissance ; qu'il se forme aussi des oxychlorures et des chlorures ammoniacaux, composés solubles également, quoiqu'à un moindre degré. Le vase poreux repose dans le liquide qui tient ces sels en dissolution et qui pénètre graduellement dans sa masse à travers les pores. Les sels doubles étant

alors presque soustraits à l'action de la solution concentrée de sel ammoniac ont une irrésistible tendance à retourner à la forme solide, et en se transformant ainsi ils crèvent la terre poreuse par un phénomène analogue à celui de la rupture des conduites d'eau pendant le froid. Plusieurs des vases poreux, quand on les brise, laissent voir autour du mélange de manganèse un revêtement de sel semblable à une mince couche de glace. Un essai chimique a montré que cette matière est un chlorure double d'ammonium et de zinc. C'est exactement le même sel que celui qu'on détache des zincs d'une batterie qui a travaillé quelque temps sur un circuit modérément occupé.

Il est évident aussi que la rupture des vases poreux peut être due à un certain point à l'évaporation du liquide. Les sels précédemment tenus en dissolution, sel ammoniac et chlorures quelconques, reprendront la forme solide et endommageront peut-être la terre poreuse.

Mais le danger qui tient à cette cause est peu de chose comparativement à celui qui est occasionné par la formation des sels doubles. Si l'on pouvait se débarrasser effectivement de leur présence, la batterie Leclanché pourrait être employée sur une échelle beaucoup plus large, et le coût de l'entretien, même dans une application étendue, serait beaucoup réduit.

L'introduction de la forme de caisse dans la pile Leclanché, caisse semblable en apparence à celle de la batterie au sulfate de cuivre, fut proposée pour se débarrasser des défauts qu'on a signalés. Cette innovation a rempli, dans une certaine limite, le but qu'on se proposait. Les vases de verre sont supprimés; les fils de communication sont très-courts et l'on a moins à redouter les interruptions causées par la corrosion du fil. Les sépara-

tions poreuses sont de même préférables aux vases poreux ; elles ne sont pas fendues par la solidification d'un liquide allant de la cellule du zinc à celle du charbon; mais l'écaillage persiste autant dans ces séparations que dans les vases et semble être inhérent au principe de la pile. J'ai apporté ici, ce soir, une caisse Leclanché; il est intéressant de noter les conditions dans lesquelles se trouvent les plaques poreuses. Avec 3/16 de pouce d'épaisseur (environ $0^m,0047$), elles sont tellement écaillées qu'en certains endroits il ne reste plus qu'une simple feuille. Cette batterie fut réunie à deux autres le 12 mars 1874, pour travailler sur un circuit imprimeur modérément occupé, offrant une résistance de 2.700 ohms; elle fonctionna très-bien. Le 14 août, c'est-à-dire trois mois après, on ajouta un peu d'eau dans les compartiments des zincs, et deux des batteries furent mises ensemble comme piles de ligne sur un circuit à relais donnant une résistance de 1.900 ohms. La troisième, celle qui est maintenant devant moi, fut gardée séparément, mais toujours prête à être mise en activité. Le 26 novembre, après qu'on eut renouvelé le sel ammoniac et l'eau, elle fut essayée en *local* pour actionner un relais bien occupé. La résistance du circuit était de 21 ohms. Elle commença très-bien et remplit le même office que les batteries à sulfate du système Chamber, qui faisaient fonctionner trois autres relais à côté; mais le 9 janvier, pendant la réception de cinq ou six messages, elle faiblit. L'employé qui recevait commença à se plaindre de la disparition des points après les trois premières dépêches, et la batterie ayant été essayée, comme quantité, déviait à peine l'aiguille du galvanomètre. Elle se releva graduellement quand on la laissa à elle-même sans y rien faire, et elle fut essayée sur un autre circuit local offrant la même

résistance, mais moins occupé. Là, la pile fit tout ce qu'on exigea d'elle jusqu'au 2 février. Après un examen, les séparations poreuses furent trouvées écaillées. Elle fut enlevée, regarnie de sel ammoniac et d'eau, et le 9 février elle fut de nouveau essayée sur le premier circuit local. Le 28 février elle tomba une seconde fois en défaillance, tout comme la première fois, pendant la réception d'une série de dépêches. On l'enleva du circuit, on retira le liquide, et vous voyez son état.

Mais les autres piles qui furent chargées en même temps que celle-ci (y compris les deux qui travaillaient à côté d'elle) et qui furent reliées les unes à un circuit à simple aiguille, les autres à des circuits imprimeurs d'une importance moyenne, ont donné toute satisfaction. A part le grattage du zinc, l'enlèvement du liquide qui a pénétré dans la cellule du charbon, et le remplacement par de l'eau pure d'une partie de la solution du compartiment zinc, — au plus une fois tous les trois mois, — on n'a pas eu à y toucher. Examinées hier, elles ont paru être dans des conditions aussi bonnes que le jour où on les mit en ligne. Sur des circuits de ce genre, où le travail n'est pas très-pénible, aussi bien que pour faire fonctionner des sonneries, pour des indicateurs ou pour des usages domestiques, la batterie Leclanché est sans rivale.

A première vue, les premiers frais de la pile Leclanché paraissent dépasser ceux de la pile Daniell; 8 éléments Leclanché coûtant 36 shellings (45 fr.); mais on doit toujours se rappeler que la force du courant de la première excède beaucoup l'intensité de la seconde. M. Leclanché lui-même établit qu' « en pratique les Daniells sont remplacés par 25 de ses éléments » : il se tient ainsi au-dessous de la vérité : dans le cas

d'une caisse Leclanché, 16 éléments sont employés pour faire le travail de 33 ordinaires au sulfate de cuivre, et ils le font aussi bien. Les premiers frais des piles Daniell et Leclanché sont par conséquent les mêmes. A l'égard de l'entretien, la pile Leclanché, partout où l'on peut sûrement l'employer, est meilleure sous tous les rapports, car non-seulement la quantité aussi bien que le prix du matériel qu'elle consomme sont beaucoup moindres, mais le travail que nécessitent sa révivification et son renouvellement est moins considérable que pour la pile Daniell. Les matériaux que le surveillant a à transporter, — maintenant qu'il ne court plus le danger d'avoir des vases de verre cassés ou des vases poreux fendus, — et le temps qu'il doit consacrer à la caisse Leclanché sont beaucoup au-dessous des exigences que demanderait la caisse Daniell dans les mêmes conditions.

Avant de quitter la pile Leclanché, on doit mentionner les efforts qui ont été faits de divers côtés pour employer le sel marin au lieu du sel ammoniac; mais, autant que je m'en souviens, aucune de ces tentatives n'a été couronnée de succès. M. Leclanché lui-même essaya quelques sels de sodium, mais les résultats qu'il obtint le découragèrent dans cette voie. Le sodium, qui est mis en liberté, s'empare encore de l'oxygène de l'eau et forme de la soude; l'hydrogène n'est pas absorbé par le peroxyde de manganèse, parce que, suivant M. Leclanché, l'hydrogène libre n'est pas si oxydable que l'ammonium en présence du peroxyde de manganèse; la conséquence est que la polarisation galvanique reparaît avec ses inconvénients.

Les grands éléments placés sur la table faisaient partie d'une batterie de 10 éléments chargés avec du sel marin au lieu de sel ammoniac, ils furent fermés le 18 juin

dernier sur un circuit à simple aiguille offrant une résistance de 1.940 ohms. Au bout de deux mois on retira la moitié du liquide qu'on remplaça par de l'eau ; au bout de trois semaines on se plaignit de la faiblesse des signaux. On essaya alors la batterie sur le petit circuit d'un appareil à aiguille représentant une résistance de 954 ohms, sur lequel il y avait peu de travail : on vit bientôt que la pile, même pendant le beau temps, était incapable de faire ce service. Elle fut par conséquent retirée, et quoiqu'on lui donnât quelques soins de temps à autre en nettoyant les zincs qui, comme on l'observa, noircissaient rapidement, et ajoutant du sel frais, elle ne donna jamais qu'une déviation sensible sur un assez bon galvanomètre de surveillant.

Pile Minotti.

Pour débarrasser la pile Daniell des inconvénients des séparations poreuses, on utilisa la différence de densité des deux solutions, et l'on imagina une batterie dans laquelle la pesanteur seule suffisait à maintenir les liquides séparés. On peut voir le germe de cette idée dans la batterie de Fuller. M. Cromwell Varley fut le premier qui la breveta.

La pile Daniell, sous la forme de pile à densité, est peu employée en Angleterre, quoique dans une de ses nombreuses modifications elle soit d'un usage général dans l'Inde, en Amérique et sur le continent. Le parfait repos nécessaire à son bon fonctionnement et à la séparation des deux liquides fit qu'on l'abandonna et qu'elle ne fut conservée que pour les expériences.

La pile Minotti est à peu près universellement employée dans l'Inde. Aux avantages qui ont déjà été énu-

mérés en faveur des piles au sulfate de cuivre, le Minotti joint encore celui d'être portatif, sans qu'on soit obligé d'ôter le liquide qu'il contient. Pour cette raison il est employé par le Postal Telegraph Department dans les voitures de voyage.

Aucune pile n'a été soumise à autant d'épreuves que la pile Minotti, et elle a constamment donné d'excellents résultats, soit pour le travail à simple courant, soit pour le fonctionnement à double courant, en ligne ou en local.

L'objection qu'on fait à cette pile pour sa substitution à la pile ordinaire au sulfate de cuivre est que le prix de son entretien est plus élevé. Je ne suis pas en situation de fournir des renseignements statistiques à l'appui de cette allégation.

Pile Grove.

La pile constante de Grove consiste en une plaque de platine plongée dans de l'acide nitrique concentré comme élément négatif, et une plaque de zinc immergée dans de l'acide sulfurique étendu comme élément positif. La polarisation galvanique disparaît parce que l'hydrogène est réduit en eau par l'acide nitrique ; ce dernier liquide est au bout de quelque temps entièrement décomposé, et l'acide azoteux, se dégageant, donne au contact de l'air les vapeurs rutilantes et délétères de l'acide hypoazotique. On obtient avec cette pile une grande force électromotrice ; la résistance est très-petite et par conséquent le courant obtenu dépasse de beaucoup celui de la pile Daniell. Pour les expériences, le Grove est précieux ; mais cette pile ne convient pas pour le travail pratique ordinaire. Elle ne possède au-

cune des qualités que doit avoir une pile télégraphique. Le courant n'est pas constant assez longtemps; il y a une inutile consommation de matières en raison de l'énergique action chimique qui se produit constamment; les matières employées sont non-seulement chères, mais encore difficiles à manier; la dépense d'entretien est très-élevée. Enfin, cette pile exige une surveillance constante, et chaque nuit, quand on ne s'en sert pas, on doit la démonter.

Cependant, malgré tout cela, la pile Grove était tout récemment très-employée en Amérique. Dans ce pays, les circuits sont exploités d'après le principe de la « batterie universelle »; c'est-à-dire que la plupart des fils sont desservis par la même pile, et les longs fils de la Western Union Telegraph Company qui relient les principales villes sont dans ce but pourvus d'éléments Grove.

Pile au charbon.

La pile au charbon fut aussi employée pendant quelque temps en Amérique. Elle ressemble à la pile Bunsen en ce que le charbon ou coke constitue la plaque négative; mais elle en diffère en ce que l'acide nitrique concentré est remplacé par une solution de bichromate de potasse. Cette solution était préparée de la manière suivante : 3 gallons d'eau ($13^{lit},60$) étaient mêlés avec 1 gallon d'acide sulfurique ($4^{lit},54$). Dans un autre vase 5 livres ($2^{k},268$) de bichromate de potasse étaient dissoutes dans 2 gallons (9 lit.) d'eau bouillante. Ces deux solutions étaient alors parfaitement mêlées et le liquide résultant, dont la température s'élève en raison de l'acide chimique qui se produit, était refroidi avant d'être employé. Quand la pile montée avec ce produit

était en service, on devait remplacer chaque matin le tiers de la dissolution de bichromate par du liquide nouveau. L'amalgamation des zincs, point d'importance capitale dans cette batterie comme dans la pile Grove, devait constamment être vérifiée, et au bout d'une quinzaine de jours chaque élément devait être démonté, les zincs brossés, les charbons trempés dans de l'eau pure, et la solution d'acide sulfurique renouvelée.

Cette batterie, quoique dispendieuse, l'était cependant moins, comme matériel et comme entretien, que la pile de Grove, et coûtait un tiers de moins que cette dernière.

Ces deux piles ont fait leur temps, en tant que piles convenant d'une façon générale aux besoins de la télégraphie; elles seront probablement bientôt reléguées parmi les essais du passé : il est même étonnant qu'en face des progrès réalisés par les autres batteries, elles aient aussi longtemps gardé leur rang.

Pile Callaud.

Il existe de nombreuses modifications de la pile Daniell, telles que la pile Hill, l'élément Lockwood, le Baltimore, le Callaud, etc.

La dernière citée, la pile Callaud, introduite en France par M. Callaud, paraît être celle qui se propage le plus en Amérique. C'est purement et simplement une pile à densité. La plaque de cuivre est placée au fond de l'élément; dans quelques types c'est un disque plat, dans d'autres les angles sont rabattus vers le bas pour servir de pieds et maintenir l'électrode légèrement au-dessus du fond du vase; parfois c'est simplement une hélice de fil de cuivre. Le zinc a aussi plusieurs formes : quelquefois il est découpé en étoile; d'autres fois, c'est une plaque

perforée ; et souvent il se termine en cône à sa partie inférieure, pour empêcher les bulles de gaz d'adhérer à sa surface. M. Callaud proposait de faire varier la résistance intérieure de son élément en élevant ou en abaissant le zinc à volonté. L'expérience a montré que cette disposition est entièrement inutile, que c'est un inconvénient plutôt qu'un avantage, car la vis de pression se relâche et le zinc tombe.

Le Callaud a tous les inconvénients des piles fondées sur la différence des poids spécifiques ; un repos complet est nécessaire pour un travail efficace. Le montage est assez simple et le mélange des deux liquides, tout en maintenant celui qui entoure la plaque de cuivre au degré de concentration voulu, est la chose qu'on doit le plus éviter.

M. Haskins, de la North Western Telegraph Company d'Amérique, correspondant de l'*American Journal of the Telegraph*, le 16 septembre 1873, nous donne comme résultats de son expérience les règles suivantes pour le montage de la pile Callaud :

« Déposez dans chaque vase un morceau de vitriol de la grosseur d'une noix ; laissez-le dissoudre et ensuite ajoutez de petits cristaux jusqu'à ce que la solution bleue atteigne 2 pouces ($0^m,05$) de hauteur au-dessus du fond du vase. Recommandez à votre piliste d'ajouter quotidiennement des cristaux, en maintenant autant que possible la dissolution à la hauteur donnée ci-dessus. Nettoyez chaque jour le vase à l'intérieur et à l'extérieur pour ôter les sels de zinc qui peuvent se déposer par évaporation sur les parois. Lorsque la solution de sulfate de zinc devient sirupeuse, ou commence à déposer des cristaux sur le disque de zinc, retirez-en la moitié avec un siphon formé de 12 à 18 pouces de tube de

caoutchouc mou et remplissez avec de l'eau pure. Ayez soin d'ajouter de l'eau fraîche pour remplacer celle perdue par l'évaporation. »

On a souvent recours à l'addition de quelques gouttes d'huile de lin, qui recouvre la dissolution cuivrique d'une mince couche, pour empêcher l'évaporation de se produire. L'auteur ajoute : « Si les piles sont ainsi entretenues, elles ne nécessitent pas de nettoyage ou de remontage. Une batterie fournissant à deux fils fut établie le 17 mars 1872 ; une autre desservant quatre lignes le 1er juillet de la même année : toutes les deux sont des Callaud ; ni l'une ni l'autre n'a été remontée, et elles sont encore propres et fonctionnent bien. »

M. Jones, de la Western Union Company, écrivant le 1er juillet 1874 dans le même journal au sujet des « piles Callaud », s'exprime en ces termes : « Le coût par mois de 600 éléments Callaud, formant 3 batteries desservant 10 circuits d'une résistance moyenne de 5.000 ohms, est à peu près de 30 dollars (environ 150 francs) ou 5 cents (0fr,25) par élément ; et pour 260 éléments locaux qui restent en circuit fermé, tant que le circuit n'est pas ouvert par la manipulation, le coût est d'environ 14 cents par mois (0fr,70). » Et encore : « Pour établir nettement la possibilité de mettre une pile Callaud en service sur plusieurs fils, je fis travailler 7 jours et 7 nuits 15 circuits importants, affectés aux chemins de fer et au commerce, circuits dont la résistance variait de 4.000 à 11.000 ohms, avec 180 éléments Callaud, et j'obtins de bons résultats. Au moment où les fils furent reliés à la pile la solution de sulfate de cuivre marquait 13°, et au bout de 7 jours elle accusait 15°, sans qu'on eût fait aucune addition d'eau. Pendant la nuit, quelques circuits étaient réduits de moitié en résistance par la

suppression de relais. On ne pourrait trouver une pile plus jolie que la pile Callaud, la dissolution de sulfate de cuivre ne s'élevant jamais de plus de 1 pouce ($0^{m},025$) au-dessus de la plaque de cuivre, et offrant une teinte aussi belle et aussi foncée que le ciel de l'Italie. Les matériaux consommés en 7 jours se composaient de 17 livres de zinc ($7^{k},700$) et de 62 livres ($28^{k},120$) de sulfate de cuivre, soit une valeur de 9 dollars 20 cents (environ 46 francs). La dépense de 180 éléments Callaud travaillant sur deux circuits d'environ 6.000 ohms pendant le même temps était d'environ 2 dollars 30 cents ($11^{fr},50$).

« En modifiant la partie inférieure de l'élément Callaud, on obtient l'innovation consistant dans l'enroulement en spirale du fil de cuivre dans la pile Lockwood. »

Ces résultats constituent sans doute des arguments puissants en faveur de la pile Callaud, mais lorsqu'on remarque qu'ils ont été obtenus grâce à l'attention journalière de la personne chargée de l'entretien de la pile, ils perdent beaucoup de leur importance. Quoique je ne puisse affirmer que l'expérience en ait jamais été faite, on ne peut douter que si les premières batteries employées en Angleterre avaient été surveillées avec le même soin, il serait excessivement difficile d'assigner une limite au temps pendant lequel elles pourraient fonctionner sans être remontées.

Revenons pour un moment aux circuits fermés : il est bon de remarquer que les chiffres donnés par M. Jones, relativement à la dépense d'entretien d'un élément Callaud, sur des circuits ouverts et fermés, ne conduisent pas à admettre qu'il puisse y avoir quelque avantage à employer le montage à courant continu, au point de vue de la consommation de matériel. La dépense par

mois d'un élément sur un circuit ouvert est de 5 cents (0^{fr},25), et sur un circuit fermé de 14 cents (0^{fr},70).

Pile Lockwood.

Le trait distinctif de la pile Lockwood, ainsi nommée du nom de son inventeur, chargé de l'entretien des piles de l'American District Telegraph Company, à New-York, est la disposition de l'électrode cuivre.

Cette disposition est si récente que je n'ai pu en obtenir que quelques croquis peu soignés.

L'électrode cuivre se compose de deux spirales horizontales de fil de cuivre, dont les centres sont réunis par une tige droite de cuivre munie d'écrous et de rondelles à chaque bout. Un fil isolé est attaché à la spirale inférieure qui repose au fond. Ce fil remonte le long du vase pour aboutir au zinc suivant. Il est regardé, comme d'une importance capitale, que ce fil soit disposé de telle sorte que la love extérieure de la spirale s'enroule vers la *droite* par rapport au fil isolé ; en même temps on doit veiller à ce que les spirales soient placées de façon que, si la love extérieure de la spirale inférieure s'enroule vers la *droite*, celle de la spirale supérieure s'enroule vers la *gauche*. Cet arrangement, dit-on, est indispensable au bon fonctionnement de la pile. Le résultat de cette disposition est que, lorsque les éléments sont chargés de la manière ordinaire, et que la pile « est mise en circuit, l'influence du courant électrique, passant à travers les hélices, est telle qu'elle maintient la dissolution bleue tout entière au-dessous de la spirale supérieure. Si la batterie travaille convenablement, dans un jour ou deux le niveau supérieur de la solution bleue au-dessous de cette spirale sera net, distinct et bien défini, tandis

que le liquide entourant le zinc sera parfaitement clair et transparent. Si la batterie est laissée trop longtemps en circuit ouvert, la dissolution cuivrique peut quelquefois s'élever au-dessus de la spirale supérieure, mais, en fermant le circuit, le niveau redescendra à la place qui lui convient.

« La pile travaille convenablement avec une distance d'un pouce ($0^m,025$) entre le zinc et la spirale supérieure, ce qui donne une résistance intérieure très-petite et une grande quantité. Mais quand on ne recherche pas ces conditions, il est mieux de laisser un espace plus considérable entre les électrodes. » (Extrait d'une brochure publiée par les propriétaires de la batterie Lockwood.)

Cette pile est très-employée en Amérique, et l'on affirme qu'elle fonctionne très-bien. Je ne puis dire en ce moment si cela est dû ou non à la disposition spéciale de l'électrode cuivre.

Pile Baltimore.

La pile Baltimore a été inventée et brevetée par M. Davis de cette ville. Les éléments essentiels sont les mêmes que ceux de toutes les batteries de densité au sulfate. Les innovations signalées par l'inventeur son la forme et les supports de l'élément positif, un tube d'alimentation avec un bouchon de liége perforé ; au fond du tube on jette les cristaux de sulfate de cuivre afin de ne pas troubler le liquide de la pile ; mais tous ces détails ne paraissent pas être d'une importance suffisante pour recommander l'adoption de cette batterie de préférence aux meilleures formes connues des piles à gravité.

Pile Siemens.

Les plus importantes modifications de la pile Daniell ont été faites sur le continent. Les générateurs Kramer, Meidinger et Siemens ont tous leurs avantages spéciaux; la pile Siemens surtout se recommande spécialement lorsqu'on a besoin d'une batterie au sulfate de cuivre. Le perfectionnement apporté par MM. Siemens et Halske remédie presque complétement aux dangers résultant de l'action de l'osmose, longtemps encore après que l'élément a été chargé. La pulpe de papier est la substance employée comme diaphragme; elle subit une préparation spéciale avant d'être introduite. Elle est traitée avec environ le quart de son poids d'acide sulfurique et ensuite trempée pendant quelques minutes dans un bain d'eau. Le liquide est alors exprimé et la pâte serrée fortement autour d'un vase de porcelaine poreuse, en forme de cloche, dans lequel sont placés les cristaux et l'électrode cuivre.

La batterie ainsi disposée constitue une forme de l'élément Daniell qui convient très-bien sur un circuit offrant une résistance considérable.

Le travail qu'elle fait et la manière dont elle fait ce travail sont les plus puissants arguments qu'on puisse citer en sa faveur, et quand bien même j'en aurais le temps, je croirais inutile de les faire valoir.

Dans ce coup d'œil sur les piles employées dans la télégraphie, vous relèverez des imperfections dont j'ai parfaitement conscience; plusieurs points de la plus haute importance et faisant partie du sujet ont été légèrement traités ou passés entièrement sous silence, quelques-uns

intentionnellement, comme, par exemple, l'appropriation de la puissance de la batterie à des circuits différents, question qui mériterait de faire l'objet d'une de nos réunions. Tout ce que je puis espérer, c'est que je provoquerai de la part de plusieurs d'entre vous l'exposé d'expériences ou de propositions pratiques ; car nonobstant les perfectionnements multiples qui ont été apportés et qui sont apportés chaque jour dans le principe et dans la construction des piles, la pile parfaite, propre à l'usage universel — (si tant est qu'une chose touchant à la télégraphie puisse être réputée parfaite), — est encore à trouver et devra, lorsqu'elle fera son apparition, réaliser le principe visé par Leclanché, savoir : donner en travail accompli l'équivalent complet des matières consommées et inspirer d'un autre côté la parfaite confiance qu'on a dans la pile Daniell, en restant toujours constante et toujours prête à fournir le courant qu'on lui demande.

(*Traduction de* M. AD. PERRIN.)

INSTALLATION D'UNE SONNERIE

POUR LE SYSTÈME HUGHES.

Divers moyens ont été imaginés pour adapter à l'appareil Hughes une sonnerie actionnée soit par le courant direct de la ligne, soit par celui d'une pile spéciale dont le circuit local serait fermé en permanence par le déclanchement de l'armature. (V. *Annales*, juillet-août 1874, p. 96.)

MM. Simonin, chef de transmission; Gras, employé, et Mercier, agent spécial, ont récemment proposé chacun une solution nouvelle de cette question.

Dans le projet de M. Mercier, le circuit local s'établit au moment où l'armature se soulève, d'un côté par un *ressort* horizontal ajouté à cet organe, de l'autre par une *colonne* supportant une *manette* mobile qu'on peut amener à une très-petite distance au-dessous de ce ressort. La sonnerie, reliée d'une part à la borne P de l'appareil, de l'autre à la *colonne*, agit tant que la palette reste appuyée contre le levier d'échappement. Quand l'appareil travaille, la manette est écartée et ne gêne en rien le jeu de l'électro-aimant.

M. Gras modifie plusieurs communications importantes, dans le but d'utiliser, pour la sonnerie, le commutateur-interrupteur même de l'appareil. Il supprime les fils : 1° de la manette au *massif*, 2° du contact d'avant de la manette à la Terre, 3° du massif de l'armature à la ligne, et les remplacer par les communications : 1° manette-arma-

ture, 2° contact d'avant et entrée de la sonnerie, 3° sortie de la sonnerie et borne-pile. Si l'on pousse la manette sur le contact d'avant, la sonnerie fonctionne aussitôt que l'armature déclanche. Mais pour pouvoir établir, pendant le réglage, la communication directe ligne-terre, M. Gras a dû disposer sur la table un ressort relié à la terre et qu'on peut avec le doigt appuyer momentanément contre le contact d'arrière sur lequel repose d'ailleurs la manette pendant le travail.

Dans l'installation présentée par M. Simonin, à la communication *borne* L — *armature* (V. la figure) est substitué

un fil qui, partant de la palette, traverse la borne *x*, [illegible] à la branche principale [illegible] paratonnerre. Le fil [illegible] de l'autre à la borne L. La terre [illegible] comme à l'ordinaire [illegible] se rattache à [illegible] est mise sur appa- [illegible] met-on [illegible] une [illegible] par L. [illegible]

tro-aimant, terre, fera soulever l'armature *d* qui fermera le circuit local de sonnerie par PSsB*xae*T.

Ces trois modes d'installation ont, comme on le voit, un but commun, l'utilisation du déclanchement de l'armature comme relais permanent de sonnerie ; mais leur fonctionnement reste aussi subordonné à la manœuvre d'un commutateur, opération souvent oubliée. Sous cette réserve, ils paraissent devoir donner un résultat identique. Toutefois, celui de M. Simonin nous semble le plus facile à établir, sans modifier sensiblement l'appareil, et par conséquent le plus pratique.

L. Borel.

CHRONIQUE.

Le Téléphone de Bell.

M. Graham Bell, inventeur de cet instrument que sir W. Thomson a nommé *la merveille des merveilles* télégraphiques, a fait une conférence sur ce sujet à Salem (Massachusetts) le 12 février au soir, et le lendemain matin un des journaux qui se publient à Boston, à 18 milles de distance, donnait le compte rendu de cette conférence, qui avait été reçu, par le téléphone, de la salle même des conférences. Non-seulement on reconnut parfaitement la voix du reporter, mais ceux qui reçurent le message entendirent distinctement les applaudissements de l'auditoire. L'alphabet Morse, composé de sons musicaux, le chant de "Auld Lang Syne" et un petit discours transmis à voix basse de l'estrade furent distinctement entendus de toute la salle. Dans la soirée du 23, on fit des expériences plus étendues. M. Bell occupait encore l'estrade à Salem, tandis que M. Watson, son assistant, se tenait à Boston. Un air sur l'orgue et un sur le cornet furent joués à Boston, et parfaitement reçus par l'auditoire de Salem; mais, pour une raison ou pour une autre, les résultats de la réception par Boston ne furent pas aussi satisfaisants que la fois précédente. On nous a dit que cela tenait à ce que « l'usage de la ligne pour le service des dépêches gênait beaucoup les expériences, le déclanchement d'un appareil quelconque placé sur la ligne étant entendu la plupart du temps de tous les points de la salle. Peu après, M. Watson trouva qu'on pouvait remédier à cet inconvénient en pressant une membrane, qui produit le même effet qu'une clef télégraphique, c'est-à-dire qui met hors du circuit toutes les communications étrangères. Les sons produits et les paroles prononcées deviennent alors suffisamment distincts. »

(*Telegraphic Journal.*)

Il a été, comme on sait, dans ces derniers temps, beaucoup question de la transmission de la voix humaine et des sons par le télégraphe. Nous avons nous-même parlé il y a quelques jours, d'après une lettre digne de foi que nous avions reçue des États-Unis, d'une expérience qui venait d'être faite entre Boston et Salem, villes situées à une distance de 18 milles l'une de l'autre. Un discours, prononcé dans une de ces villes, avait été distinctement entendu par un auditoire siégeant dans l'autre ville; les auditeurs lointains avaient applaudi, et l'orateur avait entendu le son même des applaudissements.

L'expérience vient d'être répétée à Chicago, à ce que nous apprend le *New-York Herald,* mais cette fois ce n'est pas la voix humaine, ce sont des notes de musique qui ont été transmises par le télégraphe. Les airs joués sur un instrument à Milwankee ont été télégraphiés à Chicago, c'est-à-dire à plus de 80 milles de la première de ces localités.

New-York ne veut par rester en arrière de Chicago; aussi le journal américain annonce que la puissance du *téléphone* (c'est ainsi qu'on appelle cette invention nouvelle) va être prochainement expérimentée entre New-York et Philadelphie. Les personnes, commodément assises dans la salle de l'Académie de musique à New-York, pourront entendre des airs joués à 90 milles de distance.

(*Journal officiel.*)

Relais Tommasi.

M. le marquis Tommasi a imaginé un relais très-sensible destiné à la transmission à travers les conducteurs souterrains et sous-marins d'une très-grande longueur. Son organe essentiel est un électro-aimant double, et combiné de telle sorte, qu'il agit par ses quatre pôles à la fois, sur une aiguille aimantée très-petite, avec une efficacité extraordinaire. Le courant d'un seul élément Minotto, transmis à travers une bobine de fil très-fin, dont la résistance est celle du câble transatlantique, et même à travers *une table de bois*, la fait dévier avec une facilité et une promptitude extrêmes, et ferme le circuit local de deux récepteurs Morse, de manière à imprimer deux

traits, l'un rouge, l'autre bleu, éléments d'un alphabet très-simple qui, joint à un code de signaux, doit diminuer dans une forte proportion la dépense et la durée de la transmission des dépêches.

(*Les Mondes.*)

Élément dépolarisateur de Maiche.

Comme l'élément au bichromate de potasse, cet élément se compose d'une plaque de charbon comprise entre deux lames de zinc, sans autre liquide excitateur que l'acide sulfurique dilué. Mais, tandis que l'élément au bichromate de potasse se polarise très-rapidement et va diminuant sans cesse d'action, jusqu'à devenir presque inerte, à moins qu'on ne lui insuffle un courant d'air, comme l'a essayé Grenet, l'élément Maiche est sans cesse dépolarisé, et l'on voit la plaque de charbon, qui est platinée, recouverte de bulles très-fines d'hydrogène qui montent à la surface du liquide sous forme de courant continu. Chargée avec de l'eau acidulée au 1/10 d'acide sulfurique, cette pile dégage une énorme quantité d'électricité, au point que des éléments ayant une surface de zinc égale à 5 centimètres de côté sont suffisants pour produire la lumière électrique.

Mais la force électromotrice est inférieure aux Bunsen, et il faut compter sur trois de ces éléments pour en remplacer deux, ou environ. D'autre part, si l'on charge la pile Maiche avec le bichromate de potasse, elle devient la plus intense de outes les piles, car les deux forces s'ajoutent, et elle possède, dans ce cas, une force électromotrice supérieure à celle au bichromate, tout en fournissant une quantité d'électricité double, et cela se comprend, puisque le dégagement d'hydrogène autour du charbon renouvelle sans cesse la surface du liquide. Donc la pile Maiche au charbon platiné a l'avantage de pouvoir se charger soit avec l'acide sulfurique au 1/10 dans l'eau, soit en ajoutant le bichromate, et de devenir ainsi très-commodément le plus puissant électrogène que l'on connaisse.

(*Les Mondes.*)

Nouvelle pile de MM. Fitz-Gérald et Molloy.

La nouvelle pile de MM. Fitz-Gérald et Molloy offre l'avantage de supprimer le vase poreux et de donner un courant secondaire de dépolarisation. Un élément de cette pile se compose essentiellement d'un vase séparé en deux compartiments par une cloison de charbon, formant pôle positif, et percée d'un grand nombre de trous bouchés avec de la terre poreuse. Dans l'un des compartiments, le zinc, formant pôle négatif, est entouré d'acide sulfurique étendu. L'autre case reçoit un liquide oxydant spécial; il est formé de chromate calcaire mélangé d'acide sulfurique concentré. On voit, en écrivant la réaction, qu'il se forme de l'oxygène et des sulfates de chrome et de chaux; toute bulle d'hydrogène apparaissant de ce côté de la plaque de charbon est par suite immédiatement brûlée. Quant à l'hydrogène qui prend naissance sur l'autre côté du charbon, il introduit d'une face à l'autre de cette plaque une différence de potentiel faisant naître un courant secondaire qui vient brûler l'hydrogène au fur et à mesure de sa formation.

Cette dépolarisation permet d'obtenir la force électromotrice maxima relative au zinc et au charbon. Le résidu solide de cette pile offre aussi un grand intérêt: c'est une dissolution de sulfate de zinc et de chrome qu'on n'est pas parvenu jusqu'ici à séparer. D'abord, pendant l'action de la pile, ce produit ne cristallise pas; de plus, lorsque l'épuisement des éléments oblige à renouveler les liquides, on peut traiter la dissolution de façon à en tirer un assez grand profit comme mordants appréciés daus les arts. On peut aussi, en reprenant cette liqueur par le carbonate de baryte, obtenir un précipité vert pâle; il y a peut-être là un procédé pour obtenir un beau vert exempt d'arsenic. Cette pile est d'un entretien peu cher.

(*Les Mondes.*)

Méthode pratique pour expérimenter un élément de pile

Par M. Leclanché.

(*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 18 décembre 1876.)

En faisant l'essai d'un élément de pile, on doit avoir pour but, non-seulement d'évaluer le travail électro-chimique extérieur qu'il peut produire en pratique, mais également toutes les variations des conditions dans lesquelles ce travail aura été effectué.

Pour arriver à représenter ce travail électro-chimique, la méthode graphique m'a semblé la plus avantageuse. On trace les courbes E, I, R des forces électromotrices, des intensités et de la résistance de la pile. La surface comprise entre la courbe des intensités I et ses deux axes représente une surface proportionnelle au travail. Les ordonnées de cette courbe représentent les intensités déterminées avec un rhéomètre peu résistant et sans accroître la résistance du circuit extérieur. Les ordonnées de la courbe E représentent les forces électromotrices correspondantes, quantités qui peuvent être déterminées directement par des grandeurs proportionnelles au sinus, ou à la tangente de l'angle de déviation d'une boussole suffisamment sensible pour indiquer des variations d'intensité, quoiqu'on ait ajouté à l'élément qu'on expérimente une résistance électrique extérieure d'environ 500 kilomètres de fil télégraphique de 4 millimètres. Dans ces conditions, en effet, c'est-à-dire ayant ajouté une résistance extérieure très-grande, on peut considérer les intensités comme représentant proportionnellement les forces électromotrices. La courbe E représentera donc les variations des forces électromotrices.

Au moyen de ces deux courbes I et E, et par une simple interpolation, étant donné un certain travail électro-chimique, il sera toujours aisé d'en déduire la force électromotrice et l'intensité correspondante de la pile qui aura produit ce travail. D'un autre côté, à l'aide des deux courbes représentant les intensités et les forces électromotrices, on pourra cal-

culer des ordonnées d'une autre nature qui détermineront une troisième courbe R fort intéressante, qui sera celle représentant les variations de la résistance intérieure de la pile. Ces ordonnées s'obtiennent graphiquement par le tracé d'une troisième proportionnelle entre les forces électromotrices et intensités correspondantes.

En examinant la courbe des résistances, on constate qu'elle va en montant, ce qui doit être, puisque, la force électromotrice étant restée constante ou à peu près, les intensités vont en décroissant.

Parmi les résultats intéressants que m'a fournis l'étude des piles, ceux ayant pour cause les variations de leur température m'ont paru susceptibles d'attirer l'attention de l'Académie, et en voici quelques-uns :

Une pile Daniell, à vase poreux de 12 centimètres de hauteur, ayant fonctionné pendant environ trois semaines, c'est-à-dire se trouvant dans les meilleures conditions de travail, car le vase poreux était légèrement incrusté de dépôts de cuivre et la solution dans laquelle plongeait le cylindre en zinc était à moitié saturée de sulfate de zinc, présente une résistance d'environ 835 mètres de fil de fer de 4 millimètres à la température de + 10°.

En soumettant cet élément de pile à une température de 0°, sa résistance est devenue égale à 1.258 mètres; à — 4°, elle a atteint 1.400 mètres, et à — 6° la cristallisation étant devenue considérable, une grande partie du sel se précipite, et la masse est tellement pâteure qu'elle est presque solide. Entre — 6° et — 10°, la mesure de la résistance n'est plus guère possible, elle va constamment en croissant et atteint environ 20 kilomètres de résistance.

La pile à sulfate d'oxydule de mercure, soumise aux mêmes variations de température, présente les mêmes phénomènes. A — 15°, la résistance devient égale à 20 ou 25 kilomètres. La force électromotrice de ces deux éléments, en revanche, varie peu; elle ne s'affaiblit que d'un dixième, tandis que sa résistance devient près de vingt fois plus considérable.

En soumettant une pile au peroxyde de manganèse et sel ammoniac aux mêmes abaissements de température successifs, la résistance ne varie guère que du simple au double. Une ré-

sistance initiale de 230 mètres n'atteint que 122 mètres à la température de —18°, ce qui se conçoit, puisque, dans les mélanges réfrigérants ordinaires, une dissolution de sel ammoniac ne devient même pas pâteuse. La force électromotrice de cette pile n'a varié que de $\frac{1}{8}$.

Une dissolution saturée de sulfate de cuivre se solidifie à —5°.

Une dissolution concentrée de sulfate de zinc se solidifie à —7°.

Cela est intéressant pour la télégraphie dans le nord de l'Europe.

Freins électriques.

Depuis quelques mois, la compagnie du chemin de fer du Nord expérimente, sur la ligne de Chantilly, deux systèmes de freins continus, appliqués sur deux trains de douze voitures. Chaque voiture porte un frein, et les appareils des douze véhicules, rendus solidaires les uns des autres par un accouplement qui va d'une voiture à l'autre, sont serrés tous à la fois par le mécanicien seul et par un seul mouvement très-facile à opérer. Les garde-freins n'ont plus à intervenir.

Les résultats obtenus par des moyens d'arrêt aussi puissants et d'une application instantanée, sont très-remarquables et dépassent de beaucoup les effets des freins ordinaires isolés, et même de certains freins mécaniques accouplés, qui n'avaient pu jusqu'à présent être efficacement serrés à la fois que sur des groupes de trois voitures au plus.

L'un des systèmes expérimentés est le frein électrique de M. Achard; l'autre est un frein continu pneumatique construit par la compagnie anglaise du « Smith's vacuum brake ». Le mouvement initial moteur, origine de l'application des freins, est des plus simples : pour le frein électrique, le mécanicien agit sur la manette d'un commutateur ou presse un bouton; pour le frein pneumatique, il n'a qu'à ouvrir un robinet à vapeur. Le desserrage s'obtient dans les deux cas par un mouvement inverse qui n'exige pas plus d'efforts. Il y a dans

l'usage des freins continus, dont le fonctionnement est tout entier dans les mains du mécanicien, une sécurité réelle et de grands avantages de temps gagné dans la marche des trains. L'importation, nouvelle en France, de ces procédés déjà appliqués avec succès en Angleterre sur plusieurs chemins de fer, mérite d'être signalée, et les expériences comparatives qui se poursuivent en ce moment ont déjà attiré l'attention de plusieurs compagnies francaises.

La compagnie du Nord, en appliquant à ses locomotives les sifflets automoteurs de MM. Lartigue, Forest et Digney, avait donné déjà au mécanicien l'avertissement sonore qu'il approche du disque à l'arrêt, qu'une cause quelconque peut l'empêcher de voir; le mécanicien, prévenu par ce sifflet, serre immédiatement les freins continus des douze voitures, et le train, même lancé à la vitesse de 80 kilomètres à l'heure, peut être arrêté, sans secousses brusques, en moins de 330 mètres et dans un temps qui ne dépasse pas 24 secondes. Un pas de plus vient encore d'être fait dans la même voie. Une combinaison nouvelle de l'appareil électro-automoteur Lartigue et Forest, avec l'organe moteur des freins continus, combinaison imaginée et étudiée par MM. Édouard Delebecque et David Banderal, ingénieurs au chemin de fer du Nord, supprime absolument l'intermédiaire du mécanicien. C'est maintenant le disque lui-même qui, en se mettant à l'arrêt, manœuvre sur la locomotive le commutateur électrique ou le robinet-valve origine de l'application des freins; c'est le disque qui serrera par conséquent les freins du train, qui l'arrêtera, sans aucune intervention des agents placés sur la locomotive ou dans les vedettes et pour ainsi dire à leur insu. C'est demander aux mouvements automatiques la limite extrême des services qu'ils peuvent rendre.

(*Journal officiel*, 24 septembre 1876.)

Télégraphie sans fils.

Une île électrisée. — Les journaux ont parlé déjà, il y a un an ou deux, de l'électrisation de l'île de Saint-Pierre, sur laquelle atterrissent la plupart des câbles de la compagnie télégraphique anglo-américaine. Le phénomène que présente cette île a démontré la possibilité d'établir, entre des stations, des communications électriques sans fils. Les détails suivants sur la condition électrique de l'île Saint-Pierre, les moyens employés pour éviter la confusion dans la transmission des signaux, intéresseront le lecteur. La découverte du phénomène a été faite par M. J. Gott, électricien et surintendant de la compagnie anglo-américaine à Saint-Pierre.

Il y a deux bureaux dans l'île, l'un qui sert à réexpédier des dépêches, venant du câble atlantique, sur les petits câbles qui relient Sydney C. B. et Placentia N. F.; on y emploie le système Morse et une pile relativement puissante. L'autre bureau est celui où aboutissent les câbles de Brest et de Duxbury, et où l'on se sert d'appareils très-délicats : le câble de Brest, qui a une longueur d'environ 2.500 milles, est desservi par le galvanomètre-miroir extrêmement sensible de sir W. Thomson, tandis que sur le câble de Duxbury on emploie le siphon recorder du même inventeur. Le récepteur du câble de Brest était très-sérieusement affecté par les courants de terre qui entrent dans le câble ou sortent de ce dernier, se mélangeant avec les vrais courants ou signaux et rendant à l'opérateur la lecture très-difficile.

Le phénomène n'est pas nouveau, et la cause en fut attribuée à la *terre* du bureau : alors un fil isolé fut jeté au travers de l'île sur une longueur d'environ 3 milles, une plaque de métal y fut reliée et plongée dans la mer, pour remplacer la terre du bureau. Les variations dans le potentiel électrique de la mer étant petites et lentes comparées à celles du sol rocheux de l'île, on écarta ainsi la difficulté; mais on constata néanmoins qu'une partie de ce qu'on appelait les courants de terre était due aux signaux envoyés par l'opérateur au Morse dans son fil. Car, quand le recorder était mis dans le circuit entre la terre du bureau et la terre prise dans la mer, à 3 milles de distance de la première, les signaux envoyés par

le Morse étaient parfaitement indiqués, si clairement même qu'ils étaient reproduits automatiquement sur la bande. Bien que les deux bureaux ne fussent pas reliés, et qu'ils fussent distants l'un de l'autre d'environ 200 yards, les messages envoyés à un bureau étaient distinctement lus à l'autre, la seule communication existant entre eux étant à travers la terre; et il est évident qu'ils auraient pu être lus simultanément dans plusieurs bureaux qui auraient été situés dans les mêmes conditions.

L'explication est simple. Le potentiel de la terre aux deux bureaux est alternativement élevé et abaissé par la pile du Morse. Le potentiel de la mer est très-peu affecté par elle, si tant est qu'il le soit, ce qui fait que l'île agit comme une immense bouteille de Leyde continuellement chargée par la pile Morse, et déchargée en partie sur la petite ligne isolée. Chaque fois que l'opérateur Morse abaisse son manipulateur, non-seulement il envoie un courant dans son câble, mais encore il électrise toute l'île, et cette électrisation est révélée et indiquée par le recorder.

Voici comment s'exprime, à ce sujet, un journal scientifique anglais: « Une semblable expérience ne pourrait être faite dans le voisinage d'une station d'où beaucoup de signaux sont envoyés simultanément, mais il est parfaitement clair que, à moins de prendre des précautions spéciales aux stations isolées, un voisin curieux possédant un petit fil isolé, pourrait dérober tous les messages sans établir aucune communication entre son appareil et la ligne aérienne. Pendant la guerre d'Amérique, il arriva souvent que des dépêches furent surprises en reliant un récepteur à la ligne, mais maintenant les dépêches peuvent être dérobées avec le plus grand secret sans qu'on ait à approcher de plus d'un quart de mille de la ligne. Voici le remède pour les propriétaires de stations isolées importantes : Il faut prendre la terre à la mer, et à la mer seulement. C'est ce qu'a fait M. Varley, il y a quelques années, pour éliminer ce qu'on peut appeler les courants naturels de terre; c'est ce qu'on doit faire également pour éviter la production de ces courants artificiels de terre dont on peut tirer un parti dangereux. »

(*The Telegrapher*.)

Éclairage électrique.

L'*Alexandra*, que l'on équipe en ce moment à Chatham, et que l'on dit être le plus beau vaisseau cuirassé à mâture qui existe, sera pourvu d'une lampe électrique qu'il portera à son mât de misaine. Le prix de cet appareil, y compris la machine pour produire l'électricité et le réflecteur, n'est pas moins de 1.000 livres sterling (25.000 francs), une grosse somme prise en elle-même, mais qui cesse de paraître si on la considère comme prime d'assurance d'un navire estimé lui-même à plus de 12.500.000 francs.

Cette lumière électrique doit servir à deux fins. En temps de paix, elle servira de fanal au vaisseau et éclairera les côtes dangereuses, les bancs et les brisants sur lesquels il risquerait de donner. Mais sa principale utilité sera de prévenir, en temps de guerre, les attaques des chaloupes à torpilles. En éclairant sans cesse la mer de tous côtés, le fanal électrique ne peut manquer de découvrir ces brûlots plats à vapeur, dont la fumée, dit-on, reflète mieux la lumière que leur coque. Il est si peu de moyens de se préserver de la perfidie des torpilles, que rien de ce qui peut y servir ne doit être négligé.

(*Les Mondes.*)

Sur la fabrication de conducteurs en charbon

Pour la lumière électrique.

Note de M. F. Carré.

(*Comptes rendus* du 19 février 1876.)

Dans diverses communications que j'ai eu l'honneur de faire à l'Académie et à la Société d'encouragement en 1868, et dans des brevets de la même époque, j'ai indiqué l'addition générale des métaux (et de l'acide borique), sous forme de sels, d'oxydes, ou de poudres, aux charbons destinés à produire la lumière électrique, soit pour en modifier l'éclat, l'intensité ou la couleur, soit comme moyen commode de produire leurs spectres; j'ai désigné spécialement l'acide borique, les sels, oxydes ou poudres de potassium, sodium, calcium, magnésium, strontium, fer, étain et antimoine comme produisant des effets intéressants.

De nombreuses expériences ont été faites alors sur les charbons ainsi modifiés, au laboratoire des recherches physiques de la Sorbonne, sous les yeux et avec le bienveillant concours de M. Jamin ; comme les résultats ont été communiqués à diverses reprises, et que les deux communications récemment faites à l'Académie sur le même sujet ne font que reproduire la méthode et ses résultats principaux en passant sous silence les travaux originaires, je crois devoir les résumer en quelques mots et compléter l'énoncé des résultats acquis antérieurement.

J'opérai d'abord avec des charbons de cornue imprégnés de divers sels; en les choisissant assez poreux et par une ébullition prolongée dans des dissolutions concentrées, j'arrivai à les imprégner à peu près convenablement, mais je trouvai l'effet bien préférable avec les charbons factices, dont la porosité est régulière, tandis que ceux de cornue ont certaines parties presque complétement imperméables; j'ai ensuite préparé des charbons en leur incorporant des oxydes et des corps simples en poudre, dans la proportion de 3 à 8 centièmes.

La série d'expériences faites au laboratoire de la Sorbonne démontre :

Que la potasse et la soude doublent au moins la longueur de l'arc électrique, le rendent muet, se combinent à la silice et l'éliminent des charbons en la faisant fluer à 6 ou 7 millimètres des pointes, à l'état de globules vitreux limpides et souvent incolores, qu'elles augmentent la lumière dans le rapport de 1,25 à 1 ;

Que la chaux, la magnésie et la strontiane l'augmentent dans la proportion de 1,30 ou 1,50 à 1 en la colorant diversement;

Que le fer et l'antimoine portent l'augmentation à 1,60 ou 1,70;

Que l'acide borique augmente la durée des charbons en les enveloppant d'un enduit vitreux qui les isole de l'oxygène, mais sans augmenter la lumière;

Qu'enfin l'imprégnation de charbons purs et régulièrement poreux avec des dissolutions de divers corps est un moyen commode et économique de produire leurs spectres, mais qu'il est préférable de mélanger les corps simples aux charbons composés.

La supériorité des charbons factices pour les diverses expériences, la possibilité de purifier les poudres charbonneuses qui les composent par des lavages alcalins, acides, à l'eau régale, etc., m'amena alors à chercher des moyens de les produire économiquement. En humectant les poudres, soit avec des sirops de gomme, de gélatine, etc., soit avec des huiles fixes épaissies avec des résines, j'arrivai à en former des pâtes suffisamment plastiques et consistantes pour s'étirer en baguettes cylindriques dans une filière placée sur le fond d'une puissante presse à piston et sous la pression d'environ 100 atmosphères; l'industrie tire aujourd'hui parti de ce procédé et produit les charbons qui sont sous les yeux de l'Académie.

Ces charbons sont 3 à 4 fois plus tenaces et surtout bien plus rigides que ceux de cornue; on les obtient en longueurs illimitées, et des cylindres de 10 millimètres de diamètre peuvent être employés à 50 centimètres de longueur sans crainte de les voir fléchir ou se croiser pendant les ruptures de circuit, comme cela arrive trop souvent avec les autres; on les obtient aussi facilement aux diamètres les plus réduits (2 millimètres) qu'aux plus gros.

Leur homogénéité chimique et physique donne une grande stabilité au point lumineux; leur forme cylindrique, jointe à la régularité de leur composition et de leur structure, fait que leurs cônes se maintiennent aussi parfaitement taillés que s'ils étaient usés au tour; dès lors plus d'occultations du point lumineux maximum, comme celles qui sont produites par les cornes saillantes et relativement roides des charbons de cornue; ils n'ont pas l'inconvénient d'éclater à l'allumage comme ceux-ci par la dilatation énorme et instantanée des gaz renfermés dans leurs cellules closes, quelquefois de plus de 1 millimètre cube. En leur donnant une même densité moyenne, ils s'usent d'une même quantité à section égale; ils sont beaucoup plus conducteurs, et même sans addition de matières autres que le carbone ils sont plus lumineux dans e rapport moyen de 1,25 à 1.

Le Gérant : Dunod. — Imprimerie Arnous de Rivière, 26, rue Racine.

ANNALES

TÉLÉGRAPHIQUES

Année 1877 **Mai-Juin**

TRANSMISSION SIMULTANÉE

SUR LES CABLES SOUS-MARINS.

Sauf quelques difficultés dues au mauvais état de la ligne souterraine de Marseille, qui doit être très-prochainement refaite, le système de transmission simultanée décrit dans un précédent article (*) a régulièrement fonctionné, depuis le 13 novembre, sur le câble de Marseille à Alger. Le service général s'est fort heureusement ressenti de cette innovation ; les encombrements, si fréquents autrefois, ont tout à fait disparu. Or, le nombre des dépêches dût-il même tripler, le câble pourrait encore suffire à l'écoulement de ce surcroît de travail.

Dans une série de récentes expériences, M. Ailhaud s'est proposé d'étudier les modifications qu'on pourrait apporter à son système, et d'obtenir, à l'aide des condensateurs, un certain nombre de solutions différentes.

(*) Voir *Annales*, même tome, page 56.

Les six dispositions suivantes ont donné de bons résultats; l'équilibre a été obtenu dans de bonnes conditions, et il reste à déterminer, par des essais comparatifs de quelque durée, lequel de ces divers systèmes offre le plus de garanties comme facilité de réglage et stabilité.

Description. (Planche IV.)

B,C	Condensateurs, réglés par les résistances *b*, *c*.
A	Résistance formant ligne factice.
R	Résistance placée devant le câble pour faciliter le réglage.
r	Résistance intercalée sur la terre du manipulateur.
G,*g*,γ	1ᵉʳ, 2ᵉ, 3ᵉ circuits du galvanomètre.
S	Résistance formant *shunt* ou dérivation.
M	Manipulateur.

1ʳᵉ *Solution.* — Le galvanomètre est à double circuit. Le condensateur B (de 20 microfarads) est placé à la sortie du galvanomètre, côté de la ligne factice. Le condensateur C (de 5 microfarads) est placé entre le manipulateur et la sortie du galvanomètre, côté de la ligne. Le galvanomètre, de ce dernier côté, est réglé par la dérivation S. La quatrième borne du manipulateur n'est pas reliée à la terre, mais à la deuxième armature du condensateur B, laquelle communique avec la terre à travers la résistance *r*. Cette disposition permet d'agir à la fois sur les deux côtés du condensateur et facilite le réglage.

La résistance *r* diminuant la force de la pile, il est nécessaire d'ajouter quelques éléments à celle-ci.

Dans les solutions suivantes, le galvanomètre est à triple circuit.

2ᵉ *Solution.* — Les deux premiers circuits du galvanomètre sont disposés comme précédemment; le troi-

sième est intercalé dans le circuit du condensateur B, dont l'action est par conséquent *double*. La dérivation S est supprimée. La résistance *r* peut être réduite à zéro, c'est-à-dire supprimée.

3° *Solution*. — Mêmes dispositions, sauf que le condensateur B, au lieu d'être relié à la ligne factice, est relié au manipulateur. Il n'a donc plus qu'une action *simple;* ce qui oblige à augmenter sa capacité, ou, ce qui produit le même effet, à rétablir la résistance *r*.

4° *Solution*. — Le premier circuit est intercalé entre les branches d'un pont de $\frac{2000}{1000}$ complété par le câble et la ligne factice. Le deuxième et le troisième circuit reçoivent les courants d'induction fournis par les condensateurs B et C placés symétriquement, l'un à l'entrée de la ligne réelle, l'autre à l'entrée de la ligne factice. La résistance R, placée devant le câble, disparaît. La résistance *c* est maintenue presque à zéro. Le réglage se fait entièrement par la résistance *b*. Le condensateur C augmente la condensation du côté du câble. Le condensateur B lui fait équilibre par sa position. Leur action simultanée sur l'aiguille du galvanomètre compense la charge et la décharge.

5° *Solution*. — Mêmes dispositions que les précédentes. Le condensateur B a été reporté à la tête du pont. Il n'a plus une action double comme précédemment ; mais, puisant au pôle même de la pile, il agit plus fortement sur le galvanomètre.

6° *Solution*. — Mêmes dispositions. Les condensateurs B et C sont tous les deux reportés à la tête du pont. La capacité du condensateur C est considérablement diminuée.

Il y a lieu de remarquer que, avec les deux dernières dispositions, les condensateurs sont indépendants de la ligne factice; on peut, par conséquent, diminuer sans inconvénient cette dernière, ainsi que la branche correspondante du pont, ce qui augmente la force du courant d'arrivée.

On pourrait, si cela était nécessaire pour arriver à l'équilibre complet, placer, en outre, de tout petits condensateurs (1 ou 2 dixièmes de microfarad) à l'un ou à l'autre des nœuds 0 et I du pont, ou même aux deux simultanément. Ils serviraient à contre-balancer les vibrations, si le réglage des condensateurs B et C n'avait pas permis de les faire disparaître.

Dans les essais faits sur la ligne d'Alger, on a pu s'en dispenser facilement.

Il n'est pas nécessaire que les trois circuits soient égaux. Il est même préférable que le circuit de ligne soit plus considérable, résultat qu'on peut obtenir, soit en enroulant plus de fil pour ce circuit spécial, soit en mettant quatre ou cinq circuits différents sur le galvanomètre, et en affectant à la ligne deux ou trois de ces circuits réunis bout à bout.

Le petit tableau suivant indique les valeurs des condensateurs et des résistances avec lesquelles l'équilibre a été obtenu par les diverses solutions qui précèdent.

GRAMACCINI.

SOLUTIONS.	RÉSISTANCE de la ligne factice. — A	RÉSISTANCE placée devant le câble. — R	CONDENSATEUR B.			CONDENSATEUR C.		RÉSISTANCE de la dérivation. — S	PILE employée le jour de l'expérience et variant suivant la sensibilité du récepteur du poste correspondant.	OBSERVATIONS.
			Capacité.	Résistance *b*	Résistance *r*	Capacité.	Résistance *c*			
	(Ohms.)	(Ohms.)	(Microfarads.)	(Ohms.)	(Ohms.)	(Microfarads.)	(Ohms.)	(Ohms.)	(Éléments.)	
1re	12600	1000	21	10800	3200	4	5200	4300	10	Galvanomètre à 2 circuits : 1800 ohms chacun.
2e	7500	1500	17	7500	0	19	0	Supprimée.	7	Galvanomètre à 3 circuits. G — 360 ohms. *g* — 250 ohms. γ — 245 ohms.
3e	7500	1500	17	8000	1900	19 1/2	3500	»	7	
4e	3200	0	22 1/2	3300	0	19	0	»	5	
5e	2800	0	22 1/2	5200	0	17	184	»	7	
6e	2800	0	22 1/2	5200	0	5	2900	»	7	

TRANSMISSION SIMULTANÉE

SUR LES LIGNES AÉRIENNES AVEC L'APPAREIL HUGHES.

Le problème de la transmission simultanée sur les lignes aériennes, à l'aide de l'appareil Hughes, vient d'être résolu par M. l'inspecteur général Ailhaud, à l'aide des dispositions suivantes :

L'appareil fonctionne au moyen d'un relais ordinaire, placé entre les branches d'un pont, ou d'un relais différentiel.

Un galvanomètre, simple dans le premier cas, différentiel dans le second, placé dans les mêmes circuits que le relais, permet de régler l'équilibre.

La lèvre du transmetteur est plus courte que celle du récepteur.

Quant à la compensation de la charge et de la décharge, elle se fait par un moyen quelconque, soit à l'aide d'un condensateur placé dans la ligne factice, soit par un des systèmes indiqués dans la note précédente relative aux lignes sous-marines, et avec un relais à plusieurs circuits.

M. Ailhaud pense, du reste, pouvoir arriver très-prochainement à supprimer entièrement les condensateurs.

Frappé de ce que le Hughes fonctionnait bien avec un relais local, en simple, et que le déclanchement se faisait toujours en retard dès que la transmission était simultanée, M. Ailhaud eut l'idée de faire raccourcir le levier

du chariot transmetteur pour diminuer la durée de l'émission et permettre ainsi au relais d'être revenu en place avant l'émission suivante. Les résultats obtenus ont justifié cette opinion : la transmission simultanée a parfaitement fonctionné entre Paris et Marseille avec des lèvres dont le rapport était de 15/20 de millimètre ; dans les essais faits précédemment sur la ligne de Marseille-Lyon et retour, dont la longueur est un peu inférieure, le rapport 13/20 de millimètre a permis de marcher très-régulièrement.

Un relais Siemens polarisé a été employé dans ces expériences : un relais-galvanomètre permettrait d'éviter l'aimantation rémanente et serait peut-être préférable.

De nouvelles expériences, faites avant la mise en service définitive, permettront d'ailleurs de reconnaître les meilleures conditions dans lesquelles on devra se placer.

FORMULES RELATIVES

A LA

CONSTRUCTION DES BOBINES D'ÉLECTRO-AIMANTS

ET DES CADRES GALVANOMÉTRIQUES.

I

Étant donné un cadre de dimensions déterminées, on peut se proposer de calculer soit la résistance de la bobine construite avec un fil de grosseur donnée, soit le diamètre du fil qu'il convient d'employer pour que la bobine ait la résistance voulue (*).

Par l'axe de l'électro-aimant ou l'aiguille du galvanomètre, on fait passer un plan perpendiculaire aux spires. Nous appelons :

A, l'aire de la section ainsi faite d'un seul côté de l'axe à travers tous les tours de fil (par exemple, la surface du petit rectangle qui, par sa révolution autour de l'axe, engendre la bobine d'un électro-aimant) ;

l, la longueur du tour de fil *moyen;*

ρ, le rayon du fil ;

ε, l'épaisseur de la soie ou autre isolant ;

c, la conductibilité du cuivre employé ;

r, la résistance de la bobine ;

t, le nombre total de tours;

(*) Winter, *Philosophical magazine*, février 1870 et décembre 1872.

a, un coefficient dépendant de la manière dont le fil est enroulé.

Si les spires sont parfaitement superposées, on peut supposer le rectangle A divisé en petits carrés ayant pour côtés $2(\rho + \varepsilon)$: chaque tour de fil occupe une de ces divisions dont la surface est $4(\rho + \varepsilon)^2$, et alors $a = 4$.

Si les tours d'une couche se logent dans les interstices de la couche précédente, le rectangle A est supposé divisé en hexagones de surface

$$2\sqrt{3}(\rho + \varepsilon)^2 \quad \text{et} \quad a = 2\sqrt{3} = 3{,}46.$$

Si enfin chaque couche est séparée de la suivante par une feuille de papier enduite de paraffine ou une feuille mince de gutta-percha, on a une approximation suffisante pour la pratique en considérant ε comme augmenté d'un quart de l'épaisseur de la feuille isolante.

Cela posé, le nombre total de tours de fil est :

$$t = \frac{A}{a(\rho + \varepsilon)^2} \qquad (1)$$

et la résistance de la bobine :

$$r = \frac{tl}{\pi c \rho^2} = \frac{Al}{\pi a c \rho^2 (\rho + \varepsilon)^2}. \qquad (2)$$

Si toutes les dimensions sont en millimètres, *r*, dans cette formule, représente une certaine longueur de fil de cuivre pur de 1 millimètre carré de section.

Or la résistance est généralement donnée en unités britanniques (Ohms) ou en unités Siemens. D'après le docteur Matthiesen (Fleeming Jenkin, *Electricity and magnetism*, p. 249), la résistance à 0° d'un fil de cuivre pur recuit de 1 mètre de long et de 1 millimètre de diamètre est en Ohms de 0,02057. Donc :

Un Ohm équivaut à $\frac{1}{0,02057}$ *ou à* 48.614 *millimètres de fil de cuivre pur recuit de* 1 *millimètre de diamètre à* 0°.

Une unité Siemens vaut en Ohms 0,9536.

Donc une unité Siemens équivaut à 46.358 *millimètres du même fil.*

On aura donc, pour la conversion, suivant les cas :

$$r = \frac{48.614}{\pi \times \overline{0,5}^2} \text{ Ohms}$$

ou

$$r = \frac{46.358}{\pi \times \overline{0,5}^2} \text{ Siemens.}$$

Le tableau ci-dessous donne les diamètres moyens des fils de cuivre recouverts de soie employés aux ateliers de l'administration (communiqué par M. Charles, directeur des ateliers).

NUMÉROS des fils.	DIAMÈTRES des fils nus, d'après la jauge du commerce.	DIAMÈTRES moyens des fils nus, livrés aux ateliers par Mme Bonis.	DIAMÈTRES moyens des fils recouverts.	OBSERVATIONS.
	millim.	millim.	millim.	
16	0,440	0,420	0,460	Fil employé pr couvrir les bobines.
22	0,320	0,312	0,355	»
24	0,290	0,283	0,320	»
26	0,260	0,241	0,286	»
28	0,220	0,229	0,267	»
29	0,210	0,210	0,252	»
30	0,200	0,195	0,236	»
32	0,170	0,154	0,189	»
33	0,150	0,126	0,181	»
34	0,140	»	»	Ce fil manque. Il est peu employé.
36	0,120	0,107	0,159	»

§ 1er. — On se propose en premier lieu de *chercher la résistance d'une bobine de cadre A construite avec un fil de cuivre de grosseur donnée.*

Les formules précédentes donnent la solution de cette question.

Dans les électro-aimants employés dans la télégraphie, le cadre a en général une longueur de 60 millimètres et une épaisseur de 10 millimètres : le noyau de fer doux a un diamètre de 10 millimètres. Alors $A = 600$ et $l = \pi \times 20$.

Supposons que le fil employé soit un fil n° 32, dont les dimensions se trouvent être pour le cas particulier que nous prenons pour exemple :

$$2\rho = 0{,}16$$

et $$2(\rho + \varepsilon) = 0{,}20,$$

ce qui met l'épaisseur ε de la soie à $0^{m},02$; et enroulons le fil de telle sorte que $a = 4$.

On a pour le nombre de tours :

$$t = \frac{A}{4(\rho + \varepsilon)^2} = \frac{600}{4 \times 0{,}01} = 15.000 \text{ tours},$$

et pour la résistance, en unités Siemens :

$$S = \frac{\pi \times \overline{0{,}5}^2}{46.358}\, r = \frac{\pi \times \overline{0{,}5}^2}{46.358} \times \frac{l}{\pi} \times \frac{t}{\rho^2} \times \frac{1}{c} = \frac{793}{c}.$$

Si le cuivre est pur :

$$c = 1 \quad \text{et} \quad S = 793 \text{ unités},$$

si $$c = 0{,}90, \quad S = 881.$$

Pour le cadre donné, la formule précédente peut se simplifier, et l'on a :

$$S = \frac{34}{10^5} \times \frac{t}{\rho^2} \times \frac{1}{c}. \qquad (3)$$

Cette formule approchée donnerait, pour le cas examiné, $S = 796$ au lieu de 793.

§ 2. — *Connaissant les dimensions du cadre, le nombre*

de tours, la résistance de la bobine et le diamètre du fil nu, on peut calculer l'épaisseur ε *de la soie employée, et la conductibilité* c *du cuivre dont on s'est servi.*

Ce problème présente un intérêt pratique; car, en enroulant le fil sur la bobine, il est facile de mesurer avec un compteur le nombre de tours, et de prendre ensuite la résistance du fil. Voici trois applications faites sur des électro-aimants construits aux ateliers de l'administration, et dont le cadre a les dimensions déjà indiquées $A = 60 \times 10$, et $l = \pi \times 20$.

$$1^{\circ} \text{ Bobine en fil n}^{\circ}\ 30 \left\{ \begin{array}{l} t\ = 9000 \\ S\ = 350 \\ 2\rho = 0{,}20 \end{array} \right.$$

De la formule

$$t = \frac{A}{4(\rho + \varepsilon)^2}$$

on tire

$$2(\rho + \varepsilon) = \sqrt{\frac{A}{t}} = \frac{24{,}5}{\sqrt{t}}. \qquad (4)$$

Substituant on trouve

$$2(\rho + \varepsilon) = 0{,}26, \qquad \text{d'où} \qquad \varepsilon = 0{,}03.$$

La conductibilité se déduira facilement de la relation

$$S = S_1 \times \frac{1}{c};$$

S_1, résistance que devrait avoir la bobine si le cuivre employé était pur, étant d'ailleurs donnée, en vertu de (3) par la relation

$$S_1 = \frac{34}{10^5} \times \frac{t}{\rho^2}. \qquad (5)$$

Enfin nous avons

$$c = \frac{S_1}{S}. \qquad (6)$$

Dans notre exemple $\begin{cases} t = 9000 \\ \rho = 0,1 \end{cases}$, donc

$$S_1 = 34 \times 9 = 306,$$

donc

$$c = \frac{S_1}{S} = \frac{306}{350} = 0,87.$$

2° Bobine en fil n° 32 $\begin{cases} t = 11.000 \\ S = 620 \\ 2\rho = 0,17 \end{cases}$

On trouve, par la formule (4),

$$2(\rho + \varepsilon) = 0,23 \quad \text{d'où} \quad \varepsilon = 0,03;$$

Par la formule (5),

$$S_1 = 518 \quad \text{d'où} \quad c = \frac{518}{620} = 0,84.$$

3° Bobine en fil n° 32 $\begin{cases} t = 14.000, \\ S = 1.035, \\ 2\rho = 0,16; \end{cases}$

Par la formule (4),

$$2(\rho + \varepsilon) = 0,21 \quad \text{d'où} \quad \varepsilon = 0,025;$$

Par la formule (5),

$$S_1 = 744;$$

Par la formule (6),

$$c_1 = 0,72.$$

Il est clair que les résistances mesurées S doivent toujours avoir été ramenées à la température de 0. Si la mesure a donné une résistance S′ à t°, il faudra faire $S = \frac{S'}{1 + 0,004 \times t}$ pour avoir la résistance à 0°.

§ 3. — *Calculer le diamètre d'un fil de cuivre de conductibilité* c, *qui, recouvert d'une soie d'épaisseur* ε, *donne*

à la bobine de cadre A *une résistance* r, *ou* S (*en unités Siemens*).

De la formule (2),

$$r = \frac{Al}{\pi ac\rho^2(\rho + \varepsilon)^2}$$

on tire

$$\rho^2(\rho + \varepsilon)^2 - \frac{Al}{\pi acr} = 0.$$

Si $\varepsilon = o$, c'est-à-dire si l'on néglige l'épaisseur de la soie, ρ est égal à $\sqrt[4]{\frac{Al}{\pi acr}}$.

Posons

$$b = \sqrt[4]{\frac{Al}{\pi acr}}. \qquad (7)$$

Cette valeur b étant calculée, la racine positive de l'équation

$$\rho(\rho + \varepsilon) - b^2 = 0$$

fait connaître

$$\rho = \sqrt{b^2 + \frac{\varepsilon^2}{4}} - \frac{\varepsilon}{2} \ldots\ldots$$ et ε étant généralement très-petit,

$$\rho = b - \frac{\varepsilon}{2} \quad \text{ou} \quad 2\rho = 2b - \varepsilon. \qquad (8)$$

Application. — On donne un cadre tel que $\begin{cases} A = 600 \\ l = \pi \times 20 \\ a = 4. \end{cases}$

Et il s'agit de déterminer à $0^{mm},01$ le diamètre d'un fil de cuivre de conductibilité c et recouvert d'une soie d'épaisseur ε, de manière que la bobine ait une résistance S.

Il faut d'abord calculer b.

Or

$$r = \frac{46.358}{\pi \times 0,5^2} S = 59.025 S.$$

Alors

$$b = \sqrt[4]{\frac{600 \times \pi \times 20}{\pi \times 4 \times 59.025 \times S \times c}} = \frac{0,475}{\sqrt[4]{cS}}.$$

On veut que la bobine ait une résistance de 600 unités Siemens.

On fait $S = 600$, et alors

$$b = \frac{0,096}{\sqrt[4]{c}}.$$

Si

$$c = 1, \qquad b = 0,096,$$
$$c = 0,90 \qquad b = 0,0985.$$

1° Calcul de 2ρ, avec $\begin{cases} c = 1 \\ \varepsilon = 0,02 \end{cases}$ $2\rho = 2b - \varepsilon = 0,172$

$2(\rho + \varepsilon) = 2b + \varepsilon = 0,212$ et $t = 13.350$

En prenant $2(\rho + \varepsilon) = 0,21$ $t = 13.600$

2° Calcul de 2ρ, avec $\begin{cases} c = 0,90 \\ \varepsilon = 0,02 \end{cases}$ $2\rho = 0,177$

$2(\rho + \varepsilon) = 0,217$ d'où $t = 12.700$

En prenant $2(\rho + \varepsilon) = 0,22,$ $t = 12.400$

3° Calcul de 2ρ, avec $\begin{cases} c = 0,90 \\ \varepsilon = 0,03 \end{cases}$ $2\rho = 0,167$

$2(\rho + \varepsilon) = 0,227$ d'où $t = 11.600$

En prenant $2(\rho + \varepsilon) = 0,23,$ $t = 11.300$

§ 4. — Pour mesurer le diamètre, à défaut de micromètre, M. Winter propose l'emploi du petit instrument suivant, qui n'est autre qu'une sorte de règle de proportion.

Deux règles droites, ayant chacune 2 décimètres de long, sont jointes ensemble à une extrémité, et écartées à l'autre extrémité par l'insertion d'un petit fil placé dans le sens de sa section et ayant exactement 2 millimètres de diamètre. L'une des règles est graduée en centimètres, millimètres et demi-millimètres, le zéro étant au sommet de l'angle. Pour mesurer le diamètre d'un fil,

il suffira de le faire glisser normalement au plan des règles vers le sommet de l'angle d'ouverture, jusqu'à ce qu'on ne puisse plus aller plus loin. La division en regard fera connaître, pour les diamètres inférieurs à 1 millimètre, sa valeur avec 2 décimales exactes et même à 1/2 unité près de la troisième décimale. Si on lit 21,5, le diamètre sera $0^{\text{mill}},215$.

Sur l'autre règle, on écrira les numéros des fils de la jauge en regard de leurs diamètres, pour servir de terme de comparaison.

II

De la grosseur du fil qu'il convient d'enrouler sur la bobine d'un électro-aimant ou d'un galvanomètre pour obtenir le maximum d'effet magnétique dans un circuit extérieur donné (*).

§ 1. — Soit R la résistance extérieure, y compris la pile.

On a les relations

$$
\begin{aligned}
I &= \frac{E}{r + R}, \\
t &= \frac{A}{\alpha(\rho + \varepsilon)^2}, \\
r &= \frac{Al}{\pi\alpha c\rho^2(\rho + \varepsilon)^2}.
\end{aligned}
\qquad (1)
$$

L'effet magnétique est

$$
tI = \frac{AE}{\alpha(\rho + \varepsilon)^2 (R + r)}. \qquad (2)
$$

(*) Schwendler; *Philosophical magazine*, janvier 1867.
Winter, *id.* février 1870.
Clerk Maxwell, *Electricity and magnetism*, t. II, § 716.

Pour trouver la valeur de ρ ou celle de r qui correspond au maximum d'effet, il faut égaler à zéro les différentielles des équations (1) et (2) et éliminer le rapport $\frac{dr}{d\rho}$ entre les deux nouvelles équations

$$\rho(\rho+\varepsilon)dr + 2r(2\rho+\varepsilon)d\rho = 0,$$
$$(\rho+\varepsilon)dr + 2(R+r)d\rho = 0.$$

D'où

$$r = R\frac{\rho}{\rho+\varepsilon}, \qquad (3)$$

C'est-à-dire *que le diamètre* 2ρ *du fil de cuivre doit être tel que la résistance de la bobine soit à la résistance extérieure comme le diamètre du fil nu est au diamètre du fil recouvert.*

ρ étant calculé, cette relation très-simple fera connaître r, qui est évidemment plus petit que R, et d'autant plus petit que ε est plus grand par rapport à ρ.

L'élimination de r entre les équations

$$r = \frac{Al}{\pi ac\rho^2(\rho+\varepsilon)^2}$$

et

$$r = R\frac{\rho}{\rho+\varepsilon}$$

donne

$$\rho^3(\rho+\varepsilon) = \frac{Al}{\pi acR},$$

ou

$$\rho^4 + \varepsilon\rho^3 - \frac{Al}{\pi acR} = 0.$$

Cette équation a deux racines réelles, l'une positive, l'autre négative.

On cherche la racine positive par approximations successives.

Si $\varepsilon = 0$,

$$\rho^4 = \frac{Al}{\pi acr} \quad \text{et} \quad r = R.$$

Donc, *en négligeant l'épaisseur de la soie*, on obtient l'effet maximum en donnant au fil un diamètre tel que la résistance de la bobine soit égale à la résistance extérieure.

Comme première approximation, on calcule

$$b = \sqrt[4]{\frac{Al}{\pi a c R}}. \qquad (4)$$

La résistance extérieure R étant donnés en unités britanniques ou unités Siemens, il faudra exprimer R en longueur de fil de cuivre pur de section égale à l'unité, en employant les formules de transformation données précédemment.

Pour une seconde approximation, on posera $\rho = b + \beta$, d'où

$$(b+\beta)^4 + \varepsilon(b+\beta)^3 - b^4 = 0.$$

Développant et supprimant les termes contenant β à une puissance supérieure à la première, on a

$$(4b^3 + 3\varepsilon b^2)\beta + \varepsilon b^3 = 0,$$

d'où

$$\beta = -\frac{\varepsilon b}{4b + 3\varepsilon}$$

et

$$\rho = b + \beta = b\left(1 - \frac{\varepsilon}{4b + 3\varepsilon}\right).$$

Une très-petite altération dans ρ changeant notablement la valeur de r, il y a intérêt à employer cette dernière formule, et l'on obtient alors r par la relation

$$r = R\frac{\rho}{\rho + \varepsilon}.$$

§ 2. — Passons au cas d'un électro-aimant à deux branches : r étant la résistance d'une des deux bobines, la résistance extérieure pour chaque bobine sera $R + r$.

On aura

$$r = \frac{Al}{\pi a c \rho^2 (\rho + \varepsilon)^2}, \qquad (1)$$

$$t = \frac{Al}{a(\rho + \varepsilon)^2},$$

$$I = \frac{E}{2r + R},$$

$$tI = \frac{AE}{a(\rho + \varepsilon)^2 (R + 2r)}. \qquad (2)$$

Différentiant (1) et (2), on a

$$\rho(\rho + \varepsilon)dr + 2r(2\rho + \varepsilon)d\rho = 0,$$
$$(\rho + \varepsilon)dr + (R + 2r)d\rho = 0,$$

d'où

$$\rho = 2r \frac{2\rho + \varepsilon}{R + 2r},$$

ou

$$r = \left(\frac{R}{2}\right) \frac{\rho}{\rho + \varepsilon}.$$

ρ sera fourni par l'équation

$$\rho^3(\rho + \varepsilon) = \frac{2Al}{\pi a c R},$$

par suite

$$b = \sqrt[4]{\frac{Al}{\pi a c \left(\frac{R}{2}\right)}}.$$

§ 3. — *Application.* — Supposons

$$A = 600 \text{ millim. carrés},$$
$$l = \pi \times 20,$$
$$a = 4,$$
$$c = 0{,}90,$$
$$\varepsilon = 0{,}03.$$

et cherchons la valeur de ρ qui, dans un électro-aiman à deux branches, produira l'effet magnétique maximum avec une résistance extérieure de 3.600 unités Siemens. Cette résistance sera, par exemple, celle d'un circuit com-

prenant la pile du poste de départ et d'une ligne télégraphique d'une certaine longueur, dont la résistance est évaluée en tenant compte des dérivations à la terre qu'elle présente dans son état normal de fonctionnement.

On a, d'après les formules de conversion,

$$R = 59.025\,S,$$
$$b = \sqrt[4]{\frac{Al}{\pi ac R}} = \frac{0,475}{\sqrt[4]{cS}}.$$

Dans notre cas, l'électro-aimant étant à deux branches, $S = 1800$ et $cS = 1620$.

D'où

$$b = 0,075;$$
$$\rho = b\left(1 - \frac{\varepsilon}{4b + 3\varepsilon}\right) = 0,069,$$
$$2\rho = 0,138,$$
$$2(\rho + \varepsilon) = 0,198.$$

La résistance de chaque bobine sera

$$r = 1.800 \times \frac{138}{198} = 1.250,$$

et la résistance de l'électro-aimant

2.500 unités.

Le nombre de tours est de

$$\frac{600}{\overline{0,198}^2} = 15.300 \text{ environ.}$$

Comme vérification, on peut employer la formule

$$S = \frac{34}{10^5} \times \frac{t}{\varepsilon^2} \times \frac{1}{c} = 1.210.$$

J. Raynaud.

Nota. — Les calculs précédents ont été établis en

supposant, ce qui est le cas de la pratique, que l'épaisseur de la soie a une valeur ε indépendante du diamètre du fil nu qu'elle recouvre. Quelques auteurs, M. du Moncel entre autres (voir *Journal télégraphique international* du 25 avril 1876), supposent dans leur calcul qu'il y a une relation constante dans tous les fils recouverts entre cette épaisseur et le diamètre du fil, quel que soit ce diamètre. Il est facile de vérifier que, dans cette hypothèse, les conditions du maximum sont les mêmes que si l'on ne tenait pas compte de l'épaisseur de la soie, c'est-à-dire qu'alors le diamètre cherché doit être tel que la résistance de l'électro-aimant soit égale à celle du circuit extérieur.

La distinction de ces deux hypothèses a été nettement établie par M. Schwendler dans un mémoire publié par le *Philosophical Magazine* en janvier 1867. Seulement en traitant le cas où l'épaisseur de la soie est indépendante du diamètre du fil, M. Schwendler prend pour inconnue la résistance à donner à la bobine au lieu du diamètre, ce qui complique beaucoup le calcul, et il arrive simplement à la conclusion que la résistance de la bobine doit être inférieure à celle de la ligne sans indiquer dans quelle proportion.

Il est essentiel de ne pas perdre de vue que l'espace à recouvrir de fil est ici parfaitement déterminé et qu'il s'agit de savoir quel est le diamètre du fil nu qu'il convient d'employer pour obtenir le meilleur effet avec un poids de cuivre donné ou, ce qui revient au même, avec un certain nombre de couches de fil dont l'épaisseur totale est donnée d'avance. Toute autre serait la solution s'il s'agissait de déterminer à quel point il s'agit d'arrêter l'enroulement d'un fil de diamètre donné autour d'un noyau de fer doux pour obtenir le maximum d'effet, c'est-

à-dire si l'inconnue était l'épaisseur totale des couches. Si e est cette épaisseur inconnue, n le diamètre et h la hauteur du noyau, il faut dans les formules établies poser $A = he$ et $l = \pi(n+e)$.

On a alors

$$t = \frac{he}{a(\rho + \varepsilon)^2},$$

$$r = \frac{he(n+e)}{ac\rho^2(\rho + \varepsilon)^2},$$

et

$$tI = \frac{heE}{a(\rho + \varepsilon)^2 (R + r)}.$$

En différentiant par rapport à e et r et éliminant $\frac{dr}{de}$ on trouve

$$r = R \times \frac{n+e}{e} = R\left(1 + \frac{n}{e}\right)$$

et

$$e = \rho(\rho + \varepsilon)\sqrt{\frac{acR}{h}}.$$

En appliquant au dernier exemple numérique, c'est-à-dire prenant $2\rho = 0{,}138$ et $2(\rho + \varepsilon) = 0{,}198$, on trouverait $e = 17$ millimètres.

Nous ferons deux remarques à ce sujet :

1° Le calcul suppose que les tours de fil ont toujours la même action quelle que soit l'épaisseur de la bobine. Lenz et Jacobi ont démontré expérimentalement que la force magnétique exercée par un tour sur son centre est à peu près indépendante du diamètre du tour, mais dans certaines limites seulement. La pratique a fixé à 10 ou 12 millimètres l'épaisseur en deçà de laquelle la loi est applicable, et l'on a soin de se tenir dans ces limites quand on se donne le volume de la bobine. Il est clair, en effet, que lorsque le rayon d'un tour de fil croît, l'action magnétique qu'il exerce diminue; car si le nombre

d'éléments de courant agissant sur le noyau est proportionnel au rayon, la force magnétique, de son côté, est en raison inverse du carré de ce rayon.

2° L'électro-aimant qui serait construit avec le même poids de fil de cuivre que l'électro-aimant formé du fil $2\rho = 0{,}138$ et avec la même épaisseur totale $e = 17$, mais avec un fil de diamètre plus grand, calculé de façon que, avec l'épaisseur de couche e, la résistance de la bobine soit égale à celle du circuit extérieur, ou plus petite dans le rapport $\frac{\rho}{\rho + \varepsilon}$, aura évidemment un effet magnétique plus grand.

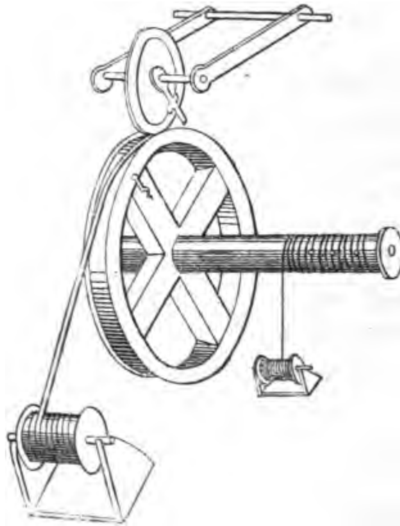
Les deux problèmes sont d'ailleurs bien distincts : quand on se donne le volume du cadre, il s'agit de déterminer le diamètre du fil à employer de manière à utiliser le mieux possible un poids de cuivre donné ; — quand on se donne le diamètre du fil, il s'agit simplement de déterminer l'épaisseur totale des couches ou le nombre de tours qu'il convient de faire autour du cadre pour obtenir le meilleur effet, quelle que soit, d'ailleurs, la quantité de fil qu'il faudra employer pour arriver à ce résultat.

J. R.

ENROULEMENT DU FIL

DANS LES GALVANOMÈTRES-ÉTALONS.

Les cadres de tous les galvanomètres-étalons sont circulaires. La gorge dans laquelle le fil doit être enroulé est soigneusement tournée. Sa largeur est prise égale à



un multiple, *n*, du diamètre du fil recouvert. Un trou est percé sur le côté de la gorge pour permettre l'entrée du fil, et une extrémité du fil recouvert est passée à travers ce trou pour former la communication intérieure de la bobine.

Le cadre est placé sur un tour, et on le munit d'un axe en bois. On cloue le bout d'un long cordon sur l'axe en bois, en un point de la circonférence de cet axe corres-

pondant au trou par lequel le fil recouvert entre dans le cadre. Puis on fait tourner le tout, et le fil est couché doucement et régulièrement au fond de la gorge, jusqu'à ce que ce fond soit complétement recouvert par n tours. Pendant ce temps, le cordon s'est enroulé n fois autour de l'axe en bois, et un clou est enfoncé dans le cordon au n^{me} tour. Les tours du cordon sont placés de manière à pouvoir être facilement comptés. On mesure alors la circonférence extérieure de la première couche de tours, on commence ensuite une nouvelle couche, et ainsi de suite jusqu'à ce qu'on ait le nombre de couches voulu. Le cordon sert à compter le nombre de tours. Si, pour quelque motif, il faut dérouler une partie de la bobine, on déroule également le cordon, afin d'avoir toujours exactement le nombre de tours enroulés. Les clous servent à distinguer le nombre des tours de chaque couche.

La mesure de la circonférence de chaque couche fournit une preuve de la régularité de l'enroulement, et permet de calculer les constantes électriques de la bobine. Car si l'on prend la moyenne arithmétique de la circonférence interne de la gorge et de celle de la couche extérieure, qu'on ajoute à cette moyenne les circonférences de toutes les couches intermédiaires et qu'on divise par le nombre de couches, on obtiendra la circonférence moyenne, d'où l'on déduira le rayon moyen de la bobine. La circonférence de chaque couche est mesurée au moyen d'un ruban d'acier, ou mieux d'une roue graduée qui roule sur la bobine à mesure que celle-ci tourne pendant l'enroulement. La valeur des divisions du ruban ou de la roue a été déterminée par comparaison avec une échelle droite.

(Clerk Maxwell, *Electricity and Magnetism*, tome II, § 708.)

LE TÉLÉPHONE ARTICULANT DE BELL [1].

Il y a plusieurs années que l'on a déjà essayé de transmettre des sons musicaux óu articulés à distance au moyen d'une communication électrique. Quelques-unes des premières expériences de feu sir Charles Wheatstone eurent un tel succès que l'on conçut l'espoir d'arriver un jour à construire un instrument capable non-seulement d'enregistrer graphiquement certains sons perceptibles à l'audition, mais même de produire sur un diagramme un ensemble de signaux permettant de reconstituer les sons de la voix humaine. En d'autres termes, on conçut la possibilité de construire un reporter automatique, et dans la collection « Loan » des appareils scientifiques à South Kensington, on a pu voir plusieurs instruments fondés sur ces recherches, et dans lesquels les voyelles sont représentées par une série de courbes distinctes.

En 1860, Philippe Reis, de Friedrichsdorff, près Hombourg, poursuivant les recherches de Wertheim, Marion et Henry, sur la production des sons par l'électricité, inventa le téléphone, qui porte son nom, et qui a également trouvé sa place à South Kensington.

Le téléphone de Reis se compose de deux parties : un transmetteur et un récepteur. Le transmetteur consiste

(*) Les *Annales* ont déjà publié dans la Chronique plusieurs extraits de journaux relatifs au téléphone parlant. En l'absence de renseignements précis sur cette invention, nous donnons la traduction d'un article qui a paru sur ce sujet dans l'*Engineering*.

essentiellement en une membrane tendue qui, vibrant à l'unisson des impulsions qu'elle reçoit des sons musicaux produits à proximité d'elle, transforme ces sons en une série de courants électriques, par une simple installation d'interrupteur. Ces courants actionnent le récepteur, qui peut être situé à des centaines de milles de distance du transmetteur; ce récepteur reproduit les notes correspondantes, de sorte qu'un son produit à l'une des stations est distinctement entendu à l'autre.

Le récepteur est fondé sur le phénomène bien connu qu'a découvert Page en 1837, et d'après lequel un son distinct accompagne la désaimantation d'une barre de fer placée dans une hélice électro-magnétique. Le récepteur est donc une barre de fer doux de la dimension à peu près d'une aiguille à tricoter qu'entoure une hélice en fil métallique faisant partie d'un circuit voltaïque, avec le transmetteur pour autre partie.

Pour rendre l'effet plus intense, les deux instruments sont pourvus de tables ou caisses d'harmonie.

On voit, par la description ci-dessus, que si une note à cent vibrations par seconde est jouée à proximité du transmetteur, la membrane de celui-ci donnera cent vibrations correspondantes, établissant et interrompant ainsi le courant voltaïque cent fois, ce qui fait cent désaimantations par seconde dans le récepteur, de sorte que la note jouée dans le transmetteur sera entendue à la station éloignée. Évidemment l'intervalle de temps séparant deux notes doit être identique aux deux extrémités du fil conducteur. De cette manière sont reproduits, automatiquement et sans aucune possibilité d'erreur, les éléments constituant une mélodie, c'est-à-dire la justesse de la note combinée avec la mesure du temps.

Après Reis, en Allemagne, Élisha Gray, en Amérique,

construisit, en 1874, son téléphone électrique beaucoup plus parfait, et dans lequel le transmetteur consiste en une languette vibrante qui, tout en produisant la note, sert en même temps de rhéotome ou interrupteur de contact.

Cette languette est accordée à l'instar d'une languette d'harmonium, de façon à produire une certaine note, et, ainsi réglée, elle ne peut transmettre au récepteur que le nombre de courants par seconde correspondant aux vibrations qui produisent la note.

Le récepteur d'Elisha Gray est électriquement semblable, en principe, à celui de Reis : il consiste en un électro-aimant en fer à cheval, monté sur une caisse d'harmonie en bois, ou résonnateur ; à ses pôles est fixée une lourde armature.

Le transmetteur est pourvu d'un clavier pareil à celui d'un harmonium, et chaque note a sa touche et sa languette vibrante.

Le même inventeur a, depuis, réalisé son télégraphe téléphonique, d'un travail admirable, et au moyen duquel quatre dépêches, et même plus, peuvent être simultanément transmises par un seul fil dans le code Morse.

En principe, cet appareil consiste simplement en un *vibrateur* placé à la station de réception. Ce vibrateur est accordé de façon à n'être affecté que par le transmetteur qui lui correspond à la station de transmission, et alors chaque récepteur placé dans le circuit du fil conducteur a le pouvoir de retenir les messages qui lui sont destinés et de laisser passer tous les autres.

Un ingénieur danois, M. Paul Lacour, a également obtenu ce résultat en employant des diapasons vibrants, pour la transmission des impulsions, et une série de diapasons correspondants, dont chaque branche est entourée d'une hélice magnétique pour appareil de sélection.

Cet appareil de *sélection* peut être employé comme téléphone récepteur ou comme relais intermédiaire, pour transmettre des signaux à des appareils télégraphiques ordinaires.

Nous donnons ci-dessous les dessins des instruments, transmetteur et récepteur, du téléphone articulant de M. Graham Bell.

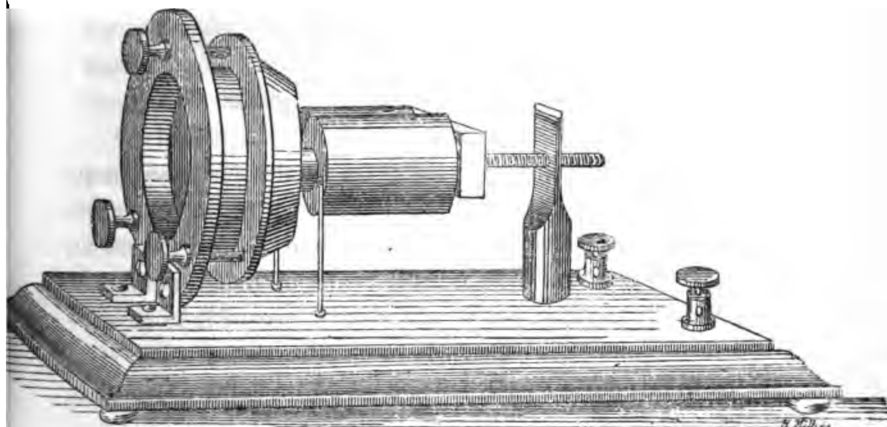
Au moyen de cet appareil, le son de la voix humaine peut être électriquement transmis le long d'une ligne télégraphique, et entendu comme une voix à l'autre extrémité de la ligne.

Le téléphone articulant de M. Graham Bell, à l'instar des appareils de Reis et de Gray, se compose de deux parties : un transmetteur et un récepteur.

Les deux instruments sont d'une extrême simplicité. Cette simplicité est telle qu'il ne faut rien moins que la haute autorité de sir William Thomson pour dissiper les doutes qu'on peut avoir sur la possibilité d'obtenir avec ces instruments de si merveilleux résultats.

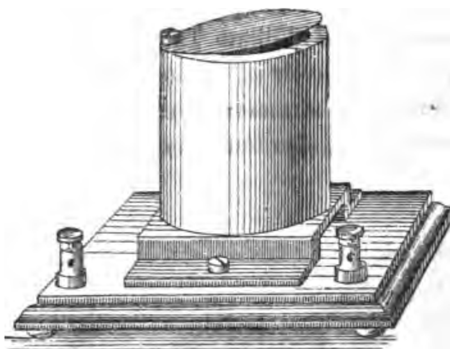
Le transmetteur, représenté *fig.* 1, consiste en un élec-

Fig. 1.



tro-aimant horizontal fixé à une colonne de la hauteur de deux pouces, et que porte un socle en acajou. Devant les pôles de cet aimant, ou pour parler plus correctement, de cet inducteur magnéto-électrique, est fixé au socle, et dans un plan vertical, un anneau circulaire en cuivre jaune sur lequel une membrane est tendue; elle porte à son centre une petite pièce allongée en fer doux qui joue devant l'aimant inducteur toutes les fois que la membrane est dans un état de vibration. Cette membrane se tend comme une peau de tambour, au moyen des vis qu'indique le dessin. Les deux extrémités du fil de la bobine qui entoure l'aimant aboutissent à deux vis de pression servant à établir la communication avec le récepteur que l'on voit *fig.* 2.

Fig. 2.



Cet instrument n'est autre qu'un des électro-aimants tubulaires, inventés par M. Nicklès en 1852, et réinventés depuis plusieurs fois sous divers noms. Il consiste en un électro-aimant à noyau droit renfermé dans un tube de fer doux qui condense son champ magnétique et augmente, dans cet espace, sa force attractive.

A ce tube est fixée par une vis en un point voisin de la

circonférence, une mince armature de fer, de l'épaisseur d'une feuille de papier fort, et sous l'influence des courants transmis, cette armature agit partie comme un vibrateur et partie comme un résonnateur. L'aimant, avec son armature, est monté sur un petit pont fixé lui-même sur un socle en acajou, pareil au socle du transmetteur.

L'appareil agit de la manière suivante : lorsqu'une note ou une parole retentit dans l'embouchure du transmetteur, sa membrane vibre à l'unisson du son, et fait ainsi avancer et reculer le fer doux inducteur devant l'électro-aimant ; le fer induit ainsi une série de courants magnéto-électriques dans l'hélice qui l'entoure, et ces courants sont transmis par le fil conducteur à l'instrument de réception. Une vibration correspondante est donc produite dans la mince armature en fer, et celle-ci suffit à donner des vibrations sonores qui permettent de reconnaître distinctement et clairement les mots articulés.

Dans tous les essais antérieurs tentés pour produire ce résultat, les vibrations étaient obtenues par un arrangement d'interrupteurs, de sorte que si le nombre des vibrations par seconde et les mesures du temps étaient correctement transmises, par contre il n'y avait pas de variation dans l'intensité du courant, variation qui seule permet de reproduire en même temps la qualité du son.

Ce défaut n'empêchait pas la transmission des notes purement musicales, non plus que la discordance produite par le mélange confus des notes, mais les variations compliquées du son, de la qualité, de la modulation, lesquelles constituent la voix humaine, exigeaient quelque chose de plus que le simple isochronisme d'impulsions vibratoires.

Dans l'appareil de M. Bell, non-seulement dans le ré-

cepteur, les vibrations sont isochrones avec celles de la membrane du transmetteur ; elles sont de plus semblables en qualité au son qui les engendre, car les courants étant induits par un inducteur qui vibre avec la voix, les différences d'amplitude des vibrations donnent des différences dans la force des impulsions et un son articulé, tel que le son d'une personne qui parle, est reproduit à l'autre extrémité du conducteur.

Quant aux résultats de cette belle invention, nous ne pouvons faire mieux que de rappeler les paroles d'un témoin oculaire d'une aussi grande autorité que sir William Thomson, paroles prononcées dans son adresse à la section A de l'Association britannique à Glasgow, relativement à cette invention (*).

(*Engineering.*)

(*) Voir *Annales*, tome III, page 488.

APPAREILS CONTROLEURS DU NIVEAU DE L'EAU

DES RÉSERVOIRS DE SAINT-ÉTIENNE.

La ville de Saint-Étienne est alimentée d'eau au moyen de canalisations allant capter des sources à de grandes distances, et aussi par un immense réservoir formé par un barrage de 50 mètres de hauteur dont la maçonnerie, savamment établie, n'a pas moins de 45 mètres d'épaisseur à la base. Ce barrage jeté en travers de la vallée sauvage du gouffre d'Enfer retient les eaux du Furens et sert à conjurer les inondations ainsi qu'à suppléer aux sources lorsqu'elles sont insuffisantes en temps de sécheresse.

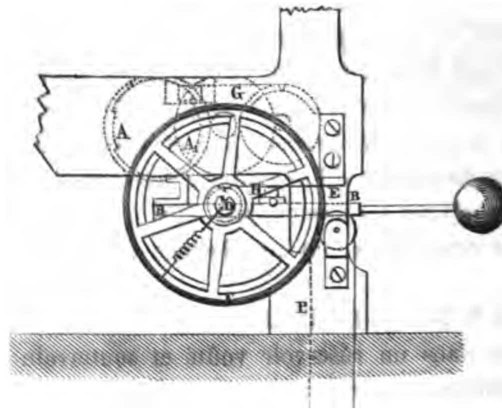
Pour la bonne distribution de la ville, les eaux sont dirigées dans un réservoir voûté et souterrain placé à 2.800 mètres de la ville et à environ 100 mètres au-dessus d'elle. Les variations de niveau dans ce réservoir sont assez rapides, et il importe de connaître son niveau plusieurs fois par jour afin de faire exécuter au barrage des manœuvres nécessaires pour alimenter suffisamment le réservoir du Rey, sans cependant perdre d'eau par le trop-plein.

A la demande de M. Jollois, ingénieur en chef des ponts et chaussées, des appareils électriques de contrôle ont été étudiés et établis par l'ingénieur-électricien signataire de cet article. Ils fonctionnent régulièrement, donnant la cote du réservoir du Rey à chaque demi-heure dans le bureau de l'ingénieur en chef et dans celui de

l'ingénieur ordinaire. Ce sont ces appareils que nous allons décrire.

Réservoir du Rey.

Dans la chambre des robinets, sur le tuyau de décharge de ce réservoir, un manomètre à mercure et à air libre est établi en communication avec l'eau du réservoir, de sorte que les variations de niveau sont répétées par les



variations proportionnelles de la colonne de mercure. Une horloge est disposée au-dessus de ce manomètre et porte sur la roue des minutes faisant un tour en une heure, un disque métallique ayant deux entailles A diamétralement opposées. Un cadre B mobile autour de pivots s'appuie toujours sur ce disque par l'effet d'un contre-poids. C'est un appendice en acier porté par le cadre B qui frotte sur le disque et entre dans les entailles A lorsqu'elles viennent à se présenter devant lui ; il y entre par conséquent deux fois par heure. L'appendice d'acier est plus court que l'entaille A, de telle sorte qu'à partir

du moment où le cadre remonte dans l'entaille jusqu'à celui où il est de nouveau abaissé par la fin de l'entaille agissant sur l'appendice d'acier, il s'écoule environ 190 secondes.

Le cadre mobile B porte un axe avec pignon qui engrène avec l'une des roues de l'horloge, lorsque le cadre est remonté dans l'entaille A, mais qui est débrayé dans tout autre moment. Embrayé, il fait un tour en 200 secondes.

Cet axe porte aussi une roue métallique C avec couronne d'ébonite. Une gorge est pratiquée dans cette couronne et l'on y enroule une chaîne d'argent, dont l'une des extrémités est attachée à la couronne, comme nous le verrons tout à l'heure, tandis que l'autre libre et pendante porte un fil de platine P de $0^m,40$ environ de longueur et de $0^m,001$ de diamètre auquel est vissé un autre cylindre de platine d'environ $0^m,06$ de long sur $0^m,006$ de diamètre. Cet ensemble constitue la sonde ou plongeur, et est placé directement au-dessus du manomètre, de telle sorte que pendant la marche de la roue C, ce plongeur descend dans le manomètre.

D'après ces dispositions, on voit que le cadre B venant à entrer dans l'une des entailles A, le pignon de la roue C est embrayé et cette roue fait un peu moins d'un tour, puisque le pignon ne reste embrayé que pendant 190 secondes. Pendant ce temps, la sonde-plongeur descend dans le manomètre toujours de la même quantité, mais rencontre le mercure plus ou moins tôt, suivant la hauteur de l'eau dans le réservoir.

La chaîne d'argent est attachée à la couronne d'ébonite et communique électriquement avec un disque isolé D porté par la roue C. Il y a de plus un ressort fixe isolé E sur lequel le disque D vient donner contact lorsque le cadre B remonte dans l'une des entailles A; tandis qu'il

y a interruption entre ces pièces lorsque la fin de l'entaille débraye le pignon de la roue C.

De plus, le disque D porte une coche d'interruption placée de telle sorte qu'elle se présente au ressort de contact E au bout de 183 secondes à partir du moment où le cadre remonte dans l'une des entailles A. Au bout de ces 183 secondes, le courant qui passait par ces pièces se trouvera donc forcément interrompu.

Un ressort isolé de contact G est installé de telle façon qu'il donne contact sur l'une des dents de l'échappement toutes les deux secondes. L'horloge bat la seconde.

Nous avons vu que le cadre B venant à entrer dans l'une des entailles A, la roue C se met en marche et la sonde descend. Les trois premières secondes sont employées à une émission de courant négatif, comme nous le verrons tout à l'heure; puis la sonde plongera dans le mercure dès la quatrième seconde de marche, si le réservoir étant plein, le mercure est à la plus grande hauteur. Il y aura donc, dans ce cas, contact toutes les deux secondes pendant 180 secondes, soit 90 contacts en tout.

La roue C porte une poulie sur laquelle s'enroule la corde d'un contre-poids pendant la marche de la roue C. Une forte goupille d'argent, fixée à la partie métallique de la roue C, sert à arrêter le mouvement en sens inverse de la marche normale, mouvement produit par l'action du contre-poids dès que le pignon est débrayé, au bout de 190 secondes par l'action de la fin de l'entaille A. La goupille arrête ce mouvement rétrograde en heurtant une pièce isolée H, armée d'un ressort de contact de sûreté très-léger, que la goupille fait ployer entièrement, mais qui accompagne la goupille pendant deux secondes au commencement de la marche. Cette pièce H est portée par le cadre mobile B, et lorsque le cadre monte dans l'une

des entailles A, c'est elle qui limite la montée du cadre en venant s'appuyer sur une vis de réglage isolée.

Le pôle négatif d'une pile est attaché à cette vis. Ce courant négatif est donc rompu en cet endroit tant que le cadre est abaissé. Mais dès que l'axe des entailles A se présente et que le cadre y monte, le courant passe pendant 2 secondes seulement, puisqu'au bout de ce temps le circuit est rompu entre la goupille d'argent et le ressort de la pièce H.

Le bâti de l'horloge est relié à la ligne, de sorte que pendant 2 secondes, au commencement de la marche de la roue C et par conséquent de la sonde, un courant négatif est envoyé sur la ligne.

Le pôle positif d'une autre pile est attaché au ressort G qui donne contact toutes les deux secondes aux dents de l'échappement et par conséquent enverrait un courant positif toutes les deux secondes sur la ligne si l'autre pôle de cette pile était à la terre. Mais il n'en est pas ainsi; le pôle négatif de cette pile est attaché au ressort E.

Le mercure du manomètre communiquant métalliquement avec les tuyaux de conduite de l'eau, est à la terre; de sorte que le pôle négatif de notre pile ne peut être mis à la terre que lorsque la sonde plongera dans le mercure. De plus, cette communication sera interrompue au bout de 183 secondes comme nous l'avons vu. Il y aura donc en somme : premièrement un courant négatif et ensuite 90 courants positifs envoyés sur la ligne si le mercure est à son maximum de hauteur, ou un nombre de courants positifs proportionnels à la hauteur du mercure dans le manomètre.

Appareil récepteur.

Cet appareil est analogue à un cadran électrique. Un axe porte d'un côté une aiguille marquant la hauteur de l'eau sur un cadran divisé, et de l'autre une roue à rochet taillée en 100 dents. Il y a une goupille d'arrêt au zéro du cadran, sur laquelle l'aiguille vient se reposer dans son mouvement rétrograde.

Un électro-aimant polarisé (électro-aimant Hughes) fait marcher un levier avec cliquet à chaque courant positif qui le traverse, et au contraire reste inerte lors du passage d'un courant négatif.

Le cliquet poussant à chaque fois une dent du rochet, l'aiguille partant de zéro avance sur le cadre proportionnellement au nombre de courants positifs circulant sur la ligne, nombre que nous avons vu être proportionnel à la hauteur de l'eau. L'aiguille marquera donc exactement cette hauteur à 5 centimètres près, puis s'arrêtera dans cette position pendant 27 minutes environ.

Pendant sa marche l'aiguille enroule autour de son axe la corde d'un petit contre-poids qui, par conséquent, sollicite l'aiguille à revenir en arrière; mais elle est arrêtée par le cliquet de retenue et par le cliquet de marche.

Un deuxième électro-aimant polarisé est traversé de même par tous les courants venant de la ligne; il est disposé de façon que son armature ne fonctionne que sous l'action des courants négatifs. Lorsque cette armature fonctionne, elle soulève, par l'intermédiaire de leviers, les cliquets de retenue et d'avancement, et par cela même, rend la roue à rochet libre d'obéir à l'action du petit contre-poids qui ramène ainsi l'aiguille à zéro. Cet effet a lieu, comme nous l'avons vu plus haut, pendant

les deux premières secondes de la descente de la sonde; puis arrivent les courants positifs qui donnent la cote du réservoir et l'aiguille s'arrête sur cette cote jusqu'à l'observation suivante, c'est-à-dire pendant environ 27 minutes.

Il y a chez chacun des ingénieurs un appareil identique à celui que nous venons de décrire; ils sont mis en dérivation sur la ligne. Un télégraphe à cadran communique directement (installation municipale) avec le réservoir du gouffre d'Enfer, de sorte que les ingénieurs peuvent de suite ordonner les manœuvres à faire d'après les indications du contrôleur et éviter ainsi manque ou perte d'eau.

E. Hardy.

SUR L'ÉLECTRICITÉ DÉGAGÉE
ENTRE DES SURFACES DE MERCURE
ET SUR
LES MOUVEMENTS PRODUITS DANS LE MERCURE
PAR LA DÉSOXYDATION DE CE MÉTAL

PAR M. ROBERT SABINE.

(Traduit du *Philosophical magazine* de décembre 1876, par M. Perrin)

Dans l'été de l'année dernière, feu sir Ch. Wheatstone porta son attention sur la découverte d'Erman, qu'un globule de mercure en contact, dans un tube de petit diamètre, avec un liquide électrolytique, se déplace quand un courant électrique traverse l'appareil (Erman, *Gilb. Ann.*, vol. XXXII, 1809, p. 261). Sir Ch. Wheatstone utilisa cet effet en inventant une nouvelle forme de récepteur télégraphique qu'il a décrite dans un brevet paru dans l'automne (n° 2771 en date du 5 août 1875), et fit des expériences dont il s'occupait en France au moment de sa mort.

En qualité de mandataire du défunt, le soin m'échut de déterminer jusqu'à quel point ce nouvel instrument télégraphique pouvait convenir à la transmission des messages, et, dans ce but, je vis qu'il était nécessaire d'entreprendre une série d'expériences préliminaires, afin

de préciser les lois qui régissent ce phénomène. Sir Ch. Wheatstone songeait à ces recherches, et je crois qu'il comptait s'en occuper après son retour en Angleterre.

Je donnerai une description succincte du fonctionnement des diverses formes de ce récepteur ; mais auparavant, je me propose, dans ce qui va suivre, d'exposer les expériences que j'ai faites et qui non-seulement ont révélé des phénomènes non observés jusqu'ici, mais qui ont suggéré quelques explications différentes de celles données par les expérimentateurs sur les propriétés électriques du mercure.

Une série préliminaire d'expériences me conduisit à conclure que toute surface mercurielle exposée à l'influence de l'air ou de l'eau est formée d'oxyde de mercure et non de mercure métallique; que l'état électropositif d'une surface mercurielle dépend beaucoup de son état d'oxydation; que l'expansion ou la contraction d'une telle surface est toujours suivie d'une altération correspondante dans son état électropositif; et, finalement, que les mouvements des électrodes de mercure sous l'eau pure ou l'eau acidulée, sont dus principalement à la réduction de l'oxydule superficiel.

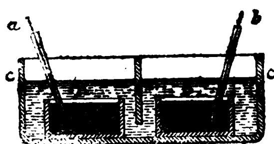
Les expériences suivantes, plus méthodiques, furent entreprises pour déterminer l'exactitude de ces conclusions.

I. *Électricité dégagée entre des surfaces de mercure.* — Dans un mémoire présenté en 1871 à la Société Royale (*Phil. trans.*, vol. CLXI, 1871, p. 129) « sur la polarisation des surfaces métalliques dans les dissolutions aqueuses », M. C. F. Varley fit connaître quelques expériences au moyen desquelles il parvenait à produire des courants électriques entre deux masses de mercure dont

on pouvait faire varier la forme relative des surfaces exposées, sous l'eau acidulée, en élevant et en abaissant alternativement dans ces masses deux vases en forme d'entonnoir; les surfaces de mercure étaient préalablement polarisées par l'hydrogène en les reliant au pôle zinc d'une pile. Cependant M. Varley n'observait aucun courant avec du mercure pur débarrassé d'hydrogène. Dans mes expériences sur la production des courants par les surfaces de mercure, j'ai soigneusement évité toute intervention de l'hydrogène, et j'ai limité mon attention aux courants créés par la variation de l'état électro-positif résultant de l'oxydation due à l'atmosphère seule ou au simple contact avec le liquide dans lequel est plongé le mercure.

J'employai une auge isolée d'environ 20 centimètres sur 15 centimètres et ayant 7 centimètres de profondeur; elle avait au milieu une cloison descendant jusqu'à une petite distance du fond et qui la divisait en deux compartiments (*fig.* 1). Du mercure distillé fut versé avec précaution dans deux vases A et B, placés au même niveau dans chaque compartiment, tandis que de l'eau distillée recouvrait les deux surfaces jusqu'au niveau *c*. Des fils conducteurs de platine (*a* et *b*) introduits dans des tubes de verre permettaient de relier les deux masses de mercure à un instrument de mesure.

Fig. 1.



L'auge fut laissée en repos pendant un certain temps à l'abri de toute agitation, jusqu'à ce que la température devînt uniforme; alors on nettoya une des surfaces A ou B. On prenait deux morceaux de verre, un dans chaque main, qu'on plaçait au milieu de l'une des surfaces

de mercure, en les inclinant comme ceci : \/. On les séparait rapidement de façon à exposer une surface de mercure bien propre, et au même instant, le redressement d'une clef de décharge en relation avec un condensateur et un galvanomètre de mesure permettait de déterminer la force électromotrice et de la comparer avec celle d'un élément-étalon. On trouva que les déviations dépendaient beaucoup de la force avec laquelle les frotteurs de verre étaient séparés et de la précision avec laquelle le redressement de la clef s'effectuait au moment même du nettoyage de la surface mercurielle. La force électromotrice entre deux surface de mercure pur qui sont restées peu de temps sous l'eau distillée était représentée par les nombres suivants :

A nettoyée B laissée telle que	B nettoyée A laissée telle que
0,033 volt	— 0,046 volt
0,045 »	— 0,020 »
0,041 »	— 0,032 »

Quand on remplaçait l'eau distillée par de l'acide sulfurique très-étendu, les déviations moyennes atteignaient des valeurs plus considérables, ainsi que l'indique le tableau suivant :

A nettoyée B laissée telle que	B nettoyée A laissée telle que
0,067 volt	— 0,064 volt
0,065 »	— 0,086 »
0,032 »	— 0,041 »
0,068 »	— 0,077 »

On modifia la dernière expérience en passant le frotteur de verre d'avant en arrière et d'arrière en avant sur l'une des surfaces, et observant le courant à travers un galvanomètre à miroir très-sensible, avec une très-grande résistance dans le circuit, pendant le nettoyage d'abord, puis 15 secondes d'intervalle après, et ensuite à des

intervalles de 15 en 15 secondes, jusqu'à ce que les deux surfaces eussent repris les mêmes conditions électriques. Tandis qu'on nettoyait l'une des surfaces, on laissait l'autre au repos. La déviation montrait, dans tous les cas, que la surface nettoyée ou troublée correspondait au zinc d'un couple galvanique. On vit aussi que, bien qu'on eût des surfaces nettes et brillantes, le nettoyage de l'une d'elles établissait toujours un courant électrique.

La surface A nettoyée donna une déviation fixe de cent trente divisions à droite, représentant une force électromotrice de 0,036 volt. Quand on interrompit le frottement du verre, la déviation décrut graduellement de la manière suivante :

Après 15	secondes,	90	divisions à droite.
30	»	80	»
45	»	50	»
60	»	30	»
75	»	20	»
90	»	10	»

Il s'écoula 2 minutes avant que la surface du mercure agitée eût repris un état semblable à celui de la surface laissée en repos.

Déviation causée par le nettoyage de la surface B,185 divisions à gauche, qui représentent 0,051 volt.

Cette surface fut ensuite laissée au repos.

Après 15	secondes,	déviation =	75	divisions à gauche.
30	»	»	45	»
45	»	»	30	»
60	»	»	15	»
75	»	»	10	»
90	»	»	3	»

Ensuite, au lieu d'employer le frotteur, on introduisit dans le mercure, et près de la surface, la pointe d'un tube de verre, et on lança de l'air dans ce tube, de façon

à entretenir la surface mercurielle dans une agitation continuelle et à crever toute couche d'oxyde. On mesura la force électromotrice entre la surface agitée et la surface en repos, et l'on enregistra des résultats analogues.

Pour voir si ce courant n'était pas un courant thermo-électrique résultant de la chaleur développée par le mouvement, on fit l'expérience suivante : on se munit d'un vase contenant du mercure chaud, et l'on introduisit, au moyen d'une pipette, une certaine quantité de ce mercure chaud dans un des compartiments. On inscrivit, dès qu'elle acquit une valeur stable, la déviation due au changement subit de température. Le mercure chaud fut versé en A, dont la température s'éleva de 22°,5 C. à 27°,8 C., la température de B restant 22°,5 C. La déviation (donnée par le même galvanomètre) était de 35 divisions à droite. 10 minutes après, on introduisit du mercure chaud dans le vase B, où la température s'éleva de 24° C. à 29°,5 C., la température de A étant 23°,5 C., et la déviation observée fut de 40 divisions à gauche. Il était évident que puisqu'une différence de température de 5°,5 C. occasionnait seulement une déviation d'environ 40 divisions, il aurait fallu une différence de 20 à 25° C. pour produire avec un courant thermo-électrique des effets identiques à ceux observés dans le nettoyage des surfaces, tandis que dans toutes les observations précédentes la température du mercure ne variait pas de plus de 1° C. dans l'un ou l'autre vase. Les courants n'étaient donc pas dus à la chaleur. La seule conclusion admissible est donc que l'état de la surface de mercure est changé par le nettoyage, comme s'il y avait une très-mince couche d'oxyde de mercure qu'on enlèverait pour laisser exposé à l'action du liquide le mercure métallique ou une surface moins oxydée. Il

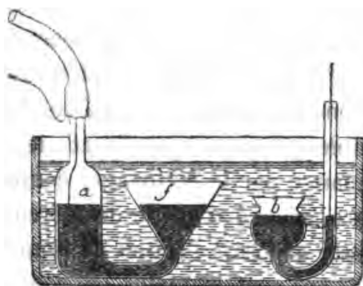
est probable, en effet, que le mercure en contact aux températures ordinaires, avec l'eau ou avec l'air, ne présente pas une surface parfaitement métallique, ou, s'il en est jamais ainsi, que cet état est de très-courte durée.

Le brillant de miroir d'une surface de mercure n'indique pas avec certitude que toutes les molécules visibles ne sont pas de l'oxydule, car la réflexion n'est diminuée que lorsque la formation de cet oxydule est devenue suffisante pour altérer l'éclat de la surface. Les courants mesurés, existant entre la surface du mercure sur laquelle on opère, et celle laissée au repos, sont probablement des courants établis entre des surfaces à différents états d'oxydation, la moins oxydée des deux étant positive par rapport à l'autre.

Pour contrôler encore cette conclusion par l'expérience, on combina un appareil dont le principe se rapprochait beaucoup de celui de l'instrument employé par M. Varley, pour produire des courants au moyen du mercure polarisé par l'hydrogène. On voulait arriver à étendre ou à contracter à volonté l'une des surfaces de mercure, pour briser ou condenser la pellicule supposée d'oxydule.

Le vase *f* en forme d'entonnoir (*fig.* 2) communique avec un réservoir de mercure *a*, de telle façon que par l'augmentation ou la diminution de la pression pneumatique en *a*, le mercure monte ou descende en *f*. Ce vase est plongé dans une caisse profonde pleine d'eau

Fig. 2.



distillée. La surface du mercure en *f* forme l'une des plaques d'un couple galvanique, et une surface de mercure au repos contenu dans la partie recourbée d'un tube *b* formait la seconde plaque. Quand le niveau du mercure est au bas du tuyau de l'entonnoir, une couche quelconque d'oxydule existant à la surface sera dispersée quand le mercure s'élèvera subitement dans l'entonnoir. Quand le mercure est contracté au fond, le diamètre de la surface est d'environ $0^{cm},6$; quand il est élevé et épanoui, le diamètre est de 2 à $2^{cm},5$, et la surface est par conséquent dix ou quinze fois plus grande.

Lorsque la température de la masse est devenue uniforme, on observe un très-faible courant sur le galvanomètre placé entre les fils recouverts plongés dans les deux masses de mercure. On fait ensuite descendre le mercure doucement dans le tuyau de l'entonnoir, et l'on observe une déviation considérable vers la droite, ce qui montre une diminution de l'état électropositif. Quand l'aiguille est immobile, on laisse le mercure revenir à son niveau primitif, ce qui cause une déviation à gauche. Lorsque l'aiguille est de nouveau fixe, le mercure est poussé de manière à arriver au haut de l'entonnoir et l'on a une nouvelle déviation à gauche (*).

On fit alors une série d'observations, en prenant les lectures des déviations fixes, le mercure étant alternativement au haut et au fond de l'entonnoir; la différence entre deux observations consécutives étant proportionnelle à l'augmentation ou à la diminution de la force électromotrice entre les surfaces.

Variation de la déviation après que la surface de mer-

(*) Si, au lieu de forcer le mercure à monter, on renouvelait sa surface au moyen du frotteur de verre, on observait une déviation à gauche.

cure *f* a été

Augmentée.	Diminuée.
172 divisions.	— 227 divisions.
178 »	— 198 »
136 »	— 162 »
137 »	— 123 »
140 »	— 115 »
116 »	— 130 »
143 »	— 121 »
178 »	— 132 »
163 »	— 171 »

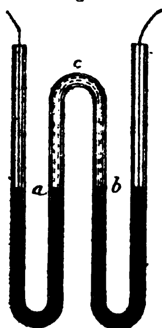
La moyenne des deux séries représentait une différence de force électromotrice égale à 0,115 volt. On obtenait de semblables résultats quand on ajoutait une petite quantité d'acide sulfurique à l'eau. Lorsque l'eau était fortement acidulée, l'effet était encore plus marqué, ce qui était probablement dû à la combinaison de l'acide avec l'oxyde de mercure au fur et à mesure de la formation de ce dernier.

On observa que la variation de la force électromotrice se produisait plus rapidement quand on augmentait la surface du mercure que quand on la diminuait. Dans l'expansion, le point lumineux était invariablement projeté bien au delà du point où il se fixait finalement, tandis que quand le mercure se contractait, ce point se mouvait régulièrement jusqu'à sa position de repos et oscillait seulement de quelques degrés au delà, indiquant ainsi que dans le retrait du mercure la pellicule d'oxydule subissait un tassement assez uniforme; mais, dans l'expansion, la pellicule n'étant pas élastique, se déchirait et laissait subitement exposée une surface métallique. La surface ainsi augmentée ou troublée était toujours positive par rapport à la surface laissée au repos, c'est-à-dire elle prenait la place du zinc dans un couple voltaïque (*).

(*) Cet effet est l'inverse de celui observé quand les surfaces de mercure sont polarisées avec de l'hydrogène. M. Varley dit : « Pendant ce

On charge un tube en forme de W, 0,8 centimètres de diamètre, de la manière indiquée par la *fig.* 3, on met du mercure dans les deux courbes inférieures, de l'eau acidulée dans la jonction *c* et des fils de platine dans les branches extérieures. En inclinant le tube de façon à faire avancer la surface *a* et à refouler la surface *b*, le mercure en *a*, à cause du léger frottement, s'avance naturellement moins vite au contact du verre qu'au centre, et par suite une surface fraîche se fait jour. De l'autre côté (*b*) se produit l'effet inverse. Tout ce qu'il y a d'oxydule sur les parois s'accumule.

Fig. 3.



L'aiguille du galvanomètre installé entre les fils de platine était déviée dans un sens quand le système était incliné d'un côté, et dans l'autre sens quand l'inclinaison avait lieu sur le côté opposé. La surface montante devenait brillante et était positive par rapport à la surface descendante, qui se ternissait davantage.

Tube incliné.	Déviation du trait lumineux.
De la verticale à gauche.	+ 125 divisions.
» à droite.	— 125 »
Droite à gauche.	+ 185 »
Gauche à droite.	— 187 »
Verticale à gauche.	+ 118 »
Verticale à droite.	— 115 »
Droite à gauche..	+ 180 »
Gauche à droite.	— 175 »

On répéta la même expérience avec des tubes capil-

changement de dimensions des surfaces de mercure (préalablement hydrogénées), les courants d'électricité passent de l'une à l'autre, la surface diminuée agissant comme la plaque zinc, et la surface augmentée comme la plaque cuivre d'un couple voltaïque. »

laires, et l'on trouva l'effet encore plus frappant, soit que le tube fût incliné, soit que le mercure fût forcé de circuler en augmentant la pression au-dessus d'une de ses surfaces.

Ensuite on remplit de mercure un tube capillaire droit relevé aux extrémités et pourvu d'entonnoirs et l'on intercala dans la veine de mercure au milieu du tube une petite quantité d'eau acidulée. Quand le tube était incliné ou soumis à toute action forçant l'eau acidulée à se déplacer, on obtenait une force électromotrice presque égale à 1/3 d'élément Daniell.

Dans un tube ordinaire en U, on versa du mercure dans la courbure à environ un pouce de hauteur dans chaque branche; on mit de l'eau acidulée au-dessus du mercure et des fils de platine dans l'eau acidulée. Au repos, on observait une faible force électromotrice constante. Pendant le balancement, on trouva des résultats exactement semblables à ceux du tube en W. Avec des tubes capillaires évasés aux extrémités, les effets furent les mêmes, et ils étaient dus sans contredit à la même cause.

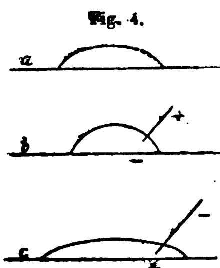
M. Gabriel Lippmann, dans son travail *Sur les relations entre les phénomènes électriques et capillaires* (*Pogg. Ann.*, vol. CXLIX, p. 546; *Phil. mag.* (IV), vol. XLVII, p. 281), attribue l'électricité dégagée par une surface de mercure en contact avec l'eau acidulée et en mouvement dans un tube capillaire, à un changement dans la constante capillaire, sans toutefois le démontrer. Il me semble que l'électricité dont il s'agit peut être expliquée par différents états d'oxydation de la surface montante et de la surface descendante. Jusqu'ici je n'ai trouvé aucune expérience démontrant cette corrélation supposée entre la constante capillaire et l'électricité dégagée. Je montrerai plus loin que cet état d'oxydation modifie la

tension superficielle du mercure, et je viens de démontrer qu'il modifie l'état électropositif de cette surface; sans doute deux choses qui dépendent d'une troisième doivent avoir quelque rapport entre elles. Mais il ne paraît y avoir entre l'électricité et la capillarité du mercure une corrélation plus étroite que celle que je viens d'indiquer, et, s'il en est ainsi, il est prématuré d'appeler « polarisation par les forces capillaires » une différence de potentiel produite de cette manière, tant que les « forces capillaires » n'auront pas été étudiées de plus près.

II. *Mouvements produits dans le mercure par la désoxydation.* — On peut représenter comme il suit toute une catégorie de phénomènes analogues entre eux et observés par divers expérimentateurs.

Quand du mercure a été versé sur une assiette plate de manière à former une couche d'une épaisseur de 1/4 de pouce (6 millim.) et qu'on dépose une goutte d'eau au-dessus, cette goutte, comme on le sait, présente une section arquée *a* (*fig.* 4).

Fig. 4.



Si maintenant le mercure est relié au pôle zinc et la goutte au pôle cuivre d'une pile de deux ou trois éléments au moyen d'un fil fin de platine, cette goutte se contractera et se rapprochera davantage de la forme sphérique, comme en *b*. Quand le circuit de la pile est rompu, la goutte d'eau reprend sa forme initiale *a*. Si le courant est inversé, en sorte que le pôle cuivre soit relié au mercure et le pôle zinc à la goutte, cette dernière s'étalera graduellement, comme le montre la figure *c*, tandis que la surface du mercure, vue à travers l'eau, se couvrira d'une légère

pellicule d'oxydule. En renversant de nouveau le courant, on détruit la pellicule et la goutte se contracte.

Deux théories ont jusqu'ici été acceptées par les physiciens pour l'explication de ces phénomènes. La première est celle donnée par Erman dans le travail déjà cité, d'après laquelle la réduction par le courant de la couche superficielle d'oxydule, amenant au contact une surface métallique plus nette, diminue l'adhérence de l'eau, ce qui force la goutte à se contracter, et le changement de sens du courant, oxydant la surface, augmente l'adhérence de l'eau qui s'épanouit en conséquence.

La seconde explication est celle avancée par le docteur J. W. Draper, en 1845, dans un mémoire intitulé : *L'attraction capillaire est-elle un phénomène électrique ?* (Draper, *Phil. mag.*, mai 1845, p. 185.) Selon cette théorie, la constante capillaire à la surface de contact du mercure et de l'acide sulfurique dilué est supposée changer par l'effet du courant ; de là résulte la contraction ou l'expansion de la surface du mercure, laquelle se conduit comme une membrane élastique. Il me semble que l'adhérence et la capillarité jouent toutes deux des rôles très insignifiants dans les phénomènes en question. L'explication que j'offre de ces contractions et expansions, c'est qu'elles sont dues simplement à la différence des volumes atomiques du mercure et de son oxydule.

Si l'on place de petites particules d'une matière sèche et solide sur la surface brillante du mercure tout autour de la goutte d'eau, avant d'attacher la pile, leurs distances au contour de la goutte restent invariables, que la goutte se ramasse ou s'étale. Il est évident d'après ceci que l'expansion de la goutte d'eau n'est pas due à ce qu'elle empiète sur la surface du mercure libre, ce

qui correspondrait à une augmentation de l'adhérence, mais simplement à ce que l'aire de mercure primitivement recouverte par l'eau s'est étendue. De même, la contraction de la goutte n'est pas un retrait de l'eau à la surface du mercure comme cela se produirait avec une adhérence affaiblie, mais bien une contraction de la surface couverte.

En d'autres termes, l'eau est l'indicateur de la contraction ou de l'expansion d'une certaine aire de mercure subissant une action chimique. Quand la goutte d'eau est placée sur la surface mercurielle, celle-ci est déjà transformée en oxydule, ou du moins ne tarde pas à passer à cet état. Quand la pile est reliée à l'eau de façon que l'oxydule soit réduit, la base de la goutte devient métallique, et l'aire de cette base se contracte nécessairement et prend une valeur correspondant au volume atomique moindre des molécules qui forment la surface.

D'un autre côté, quand on interrompt le courant de la pile, la surface de mercure métallique, qui est très-sensible à l'oxydation, est prompte à repasser à l'état d'oxydule et à reprendre ses dimensions primitives. Et enfin, quand on inverse le courant de telle sorte que la surface mercurielle située sous l'eau s'oxyde de nouveau, la goutte s'étendra par suite de la formation d'une autre couche d'oxyde au-dessous de celle qui existe déjà, l'eau traversant l'oxydule qui est poreux.

Envisagée de cette manière, la goutte d'eau peut être considérée comme accomplissant deux fonctions distinctes : 1° celle de limiter l'aire de mercure dont les molécules visibles passent de l'état métallique à celui d'oxydule, et *vice versâ ;* 2° celle de montrer à quel degré la surface couverte du mercure s'étend ou se contracte par suite de ces changements d'état.

Si cette manière de voir est juste, il s'ensuit que connaissant les volumes atomiques relatifs du mercure et de son oxydule, on peut prévoir approximativement à quel degré une goutte placée sur une surface de mercure ordinaire se contractera sous l'action du courant réducteur.

Le poids atomique du mercure est 200, et son poids spécifique 13,505; par suite son volume atomique est $\frac{200}{13{,}505} = 14{,}7$.

Le poids atomique de l'oxydule de mercure est 416. Son poids spécifique n'est pas bien déterminé. Différentes autorités lui assignent des valeurs diverses. Gerstenhœffer (*Hülfsbuch für den gewerb. Chemiker*, 1851, p. 45) donne 12,07; Herapath trouve 10,69 et Kasten 8,95 (*Watt's dictionary of chemistry*, 1875, vol. III, p. 907). Je suppose que la valeur donnée par Herapath soit la plus digne de confiance, c'est-à-dire 10,69, qui est à peu près la moyenne des deux autres. Le volume atomique de l'oxydule de mercure sera par conséquent $\frac{416}{10{,}69} = 38{,}9$.

Maintenant si d est le diamètre de la goutte d'eau quand elle est placée sur le mercure, et si ce diamètre se réduit à d' sous l'influence du courant réducteur, il est évident que nous aurons :

$$\frac{d}{d'} = \sqrt[3]{\frac{38{,}9}{2 \times 14{,}7}} = 1{,}098,$$

c'est-à-dire que nous devons nous attendre à trouver le diamètre de la goutte environ 10 p. 100 plus grand quand on la place sur le mercure que quand ce dernier est soumis à l'action réductrice de la pile.

Les séries suivantes de mesures ont été prises sur différentes gouttes d'eau, avant et après la désoxydation du mercure.

DIAMÈTRE MESURÉ DE LA GOUTTE.

Diamètre à l'état normal.		Diamètre après la contraction.		
d		d'		$\frac{d}{d'}$
3,35	centimètres.	3,1	centimètres.	1,08
3,4	»	3,0	»	1,13
3,45	»	3,2	»	1,08
3,55	»	3,35	»	1,06
2,9	»	2,7	»	1,07
3,7	»	3,45	»	1,07
4,0	»	3,6	»	1,11
3,6	»	3,3	»	1,09
3,4	»	3.15	»	1,08
3,5	»	3,25	»	1,08
3,85	»	3,6	»	1,07
4,15	»	3,8	»	1,09
3,35	»	3,1	»	1,08
3,75	»	3,5	»	1,07
		Moyenne.		1,08

Avec l'acide sulfurique dilué et un élément de Smée :

2,2	centimètres.	2,05	centimètres.	1,07
2,35	»	2,1	»	1,12
2,4	»	2,1	»	1,14
2,5	»	2,3	»	1,09
2,3	»	2,1	»	1,10
2,3	»	2,0	»	1,15
2,25	»	1,95	»	1,15
2,1	»	1,9	»	1,10
2,55	»	2,3	»	1,11
2,2	»	2,0	»	1,10
2,4	»	2,25	»	1,07
2,25	»	2,05	»	1,10
		Moyenne.		1,11

La moyenne avec l'eau acidulée est plus forte qu'avec l'eau distillée, ce qui peut être dû à la plus grande con-

ductibilité, qui rend l'action réductrice plus prompte et plus complète, et aussi en partie à la réduction de l'oxyde en sulfate.

M. Paalzow a montré (*Pogg. Ann.*, vol. CIV, 1858, p. 420) qu'une goutte d'eau placée sur le mercure se contracte aussitôt qu'on y dépose un petit cristal d'hyposulfite se soude. Dans ce cas, le résultat est identique avec celui que donne le courant réducteur de la pile. Les mesures suivantes des diamètres des gouttes d'eau à la surface du mercure ont été prises avant la désoxydation obtenue à l'aide de ce sel.

d		d'		$\frac{d}{d'}$
1,85	centimètres.	1,7	centimètres.	1,09
2,0	»	1,75	»	1,14
1,95	»	1,8	»	1,08
2,4	»	2,19	»	1,10
2,73	»	2,52	»	1,08
3,83	»	3,55	»	1,08
		Moyenne.		1,095

En tenant compte de la difficulté de la mesure du diamètre des gouttes liquides (*), qui ne sont pas toujours parfaitement circulaires, et d'une cause d'erreur provenant du mouvement dans le mercure, ces valeurs confirment l'opinion que j'ai émise. Avec plus de soins, de meilleurs moyens de mesurer la dimension de la goutte et de régler la tension de la surface du mercure à l'extérieur du globule liquide, on trouverait, je n'en doute pas, que ces valeurs correspondent exactement aux changements du volume atomique des molécules formant la base de l'oxyde ; peut-être pourrait-on expliquer ces chiffres par [illegible] le poids spécifique de l'oxydule, ce qui

(*) [illegible] pour effectuer cette mesure.

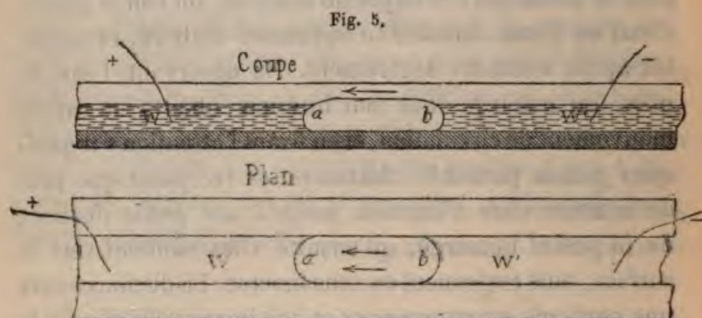
est actuellement assez difficile à cause de l'instabilité de ce composé.

Quand on emploie une pile de plus grande puissance pour la réduction de l'oxyde de mercure, on voit la goutte d'eau ou d'eau acidulée se contracter d'abord, et aussitôt après s'étendre légèrement. En observant l'eau de près, on remarque que son intérieur obéit à un rapide mouvement de circulation, et en fixant l'attention sur quelques petites particules flottantes, on reconnaît que près du mercure elles s'écartent jusqu'à une petite distance du fil positif immergé, qu'ensuite elles montent vers la surface, puis reviennent en sens inverse. La distance entre une particule en mouvement et son image réfléchie sur le mercure permet d'observer très-exactement la direction du mouvement de circulation. Cette circulation, qui est communiquée à la goutte d'eau par une circulation analogue à l'intérieur du mercure, oblige la goutte à s'étendre légérement. Par conséquent, toute les fois que la pile est assez forte pour établir un mouvement de circulation, le diamètre de la goutte ne correspondra pas avec celui qui correspond à l'état de désoxydation. Cette source d'erreur est difficile à éviter entièrement.

Pour mieux observer l'effet de cette circulation, qui paraît être due à une inégalité d'action chimique sur la surface du mercure, on disposa l'expérience suivante : on construisit une auge en verre portant une rainure de $0^m,006$ de longueur sur $0^m,006$ de profondeur et $0^m,10$ de longueur. Au milieu de cette rainure on plaça un globule de mercure *ab* (*fig.* 5), et de chaque côté du mercure on remplit d'eau jusqu'à moitié hauteur les espaces W et W'. Deux fils (+) et (—) reliés à une pile furent plongés dans l'eau près des extrémités de la rainure. On se proposait d'oxyder une partie de la surface du globule de mercure,

tandis qu'on réduisait l'oxydation d'une autre partie. Quand la pile était reliée de façon que le courant traversât l'auge de + à —, il est évident que la surface *a*

Fig. 5.



du mercure se désoxydait tandis qu'en même temps la surface opposée *b* du globule se recouvrait d'oxyde. Il était facile de prévoir le résultat de cette double action ; la surface *a*, revenant à l'état métallique, devait se contracter, tandis que la surface *b*, qui s'oxydait davantage, devait s'étendre.

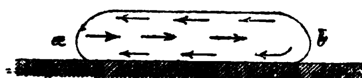
Par suite, la surface supérieure du mercure était chassée en avant, dans le sens des flèches, entraînant avec elle la surface la plus affectée par l'oxydation, laquelle était rapidement réduite à son arrivée en *a*. Tout le globule était animé d'un rapide mouvement de circulation, l'extrémité *b* reproduisant la couche oxydée et étendant la couche d'oxyde aussi vite que l'extrémité *a* pouvait réduire l'oxyde et se contracter.

Ce transport de la surface oxydée devenait si fort quand l'eau était légèrement acidulée, que le globule étant maintenu en place, l'eau en W′ passait mécaniquement pardessus le mercure et s'accumulait en W. Mais lorsque le globule était libre de se mouvoir, il se transportait de W

en W' (en sens inverse de la flèche), et assez vite vers le pôle négatif de la pile, c'est-à-dire dans la direction même qu'on attribue au courant électrique.

Pendant que se mouvait ainsi la surface supérieure du globule de mercure, on remarquait que la surface inférieure de ce liquide se déplaçait aussi dans la même direction; mais à cause du frottement contre les parois de l'auge, le mouvement paraissait plus lent dans cette région. La circulation intérieure dans le globule semblait se rapprocher de celle indiquée par les flèches de la *fig.* 6; *b* est la surface qui se gonfle, où se forme l'oxydule, et *a* la surface qui se contracte par la réduction de l'oxydule. On observa les mouvements de la surface en inclinant l'auge légèrement, ce qui empêchait le mercure de se déplacer.

Fig. 6.

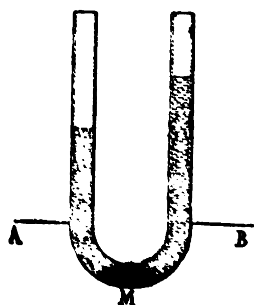


Quand on plongeait le fil négatif dans le mercure au lieu de l'immerger dans l'eau, de façon à produire l'oxydation par le contact simple de l'eau acidulée et du mercure, on observait des mouvements analogues, mais pas aussi énergiques. Avec l'oxydation de la surface *b* dans l'eau acidulée, il se formait une certaine quantité de sulfate insoluble qui, transportée mécaniquement en *a* par le courant, s'accumulait suffisamment pour former au bout d'un certain temps un dépôt parfaitement immobile recouvrant l'extrémité *a*, tandis que l'extrémité *b* participait à une circulation active. Ce dépôt finissait par recouvrir le globule entier, dont la partie située au-dessous de l'oxyde était animée néanmoins d'une circulation active. L'apparition de cette couche de sulfate peut induire en erreur, car on est quelquefois porté à conclure de ce

qu'elle est au repos, que le mercure qui est au-dessous d'elle est aussi immobile, ce qui n'est pas exact.

L'effet mécanique démontré par la dernière expérience et causé par la rapide circulation du mercure, a été aussi observé de la manière suivante : le globule, au lieu d'être placé dans une auge horizontale, était introduit dans la partie inférieure M de la courbure d'un tube en U (*fig.* 7), et de l'eau acidulée fut versée au-dessus dans chaque branche. Le mercure était juste en quantité suffisante pour constituer une valve, c'est-à-dire pour empêcher la communication entre l'eau acidulée des deux branches, mais n'excédant pas cette limite. Dans l'eau acidulée plongeaient deux fils de platine reliés à cinq éléments de Smée et à une clef à inversion. Quand le circuit était fermé, le courant allait de A à B, oxydant la surface de mercure en B et désoxydant la surface en A. Le mercure s'animait aussitôt d'une circulation rapide et transportait mécaniquement l'eau de la branche B dans la branche A, jusqu'à ce que la différence de hauteur des colonnes de liquide balançât la pression produite par la circulation du mercure. Le circuit de la pile fut ensuite rompu, et l'eau acidulée persista dans son inégalité de niveau, le mercure agissant comme une valve. Enfin, le sens du courant fut renversé, et la circulation du mercure commença dans la direction opposée en entraînant l'eau acidulée et l'accumulant en B, comme l'indique la figure.

Fig. 7.



Ainsi, en changeant la direction du courant de la pile, le liquide électrolyte peut être transporté à volonté d'une

branche à l'autre; il s'élève dans la branche où est introduit le fil positif, tandis que le globule de mercure ne se déplace jamais de plus de 1/8 de pouce (0^m,003) de sa position primitive.

Avec un tube en U de 0^m,013 de calibre, l'eau acidulée établissait une différence de 0^m,018 entre les niveaux des deux branches, dans un circuit sans résistance, et le niveau s'élevait de 0^m,013 en 20 secondes.

Avec un tube en U de 0^m,006 de diamètre, l'eau acidulée donnait les différences de niveau suivantes :

Résistance introduite.	Différence de niveau.
Ohms.	Centimètres.
0	2,27
1.000	2,05
5.000	1,60
10.000	1,30

Le temps (noté avec un compteur) que mettait la colonne à passer de 0^m,005 au-dessous du zéro de l'échelle à 0^m,005 au-dessus, est donné par le tableau suivant :

Résistance introduite.	Temps nécessaire pour une variation de niveau de 1 centimètre.
Ohms.	Secondes.
0	4,6
1.000	5,9
5.000	16,2
10.000	25,5

D'où il suit que la vitesse avec laquelle le liquide est aspiré par la circulation du globule de mercure paraît à peu près proportionnelle à la force du courant.

Quand on augmentait la quantité de mercure déposée dans le tube en U de façon que le niveau fût de 2 ou 3 pouces (0^m,015 à 0^m,075) de hauteur dans les branches, la quantité d'eau acidulée aspirée était extrêmement petite, à cause de l'augmentation de la résistance du pas-

sage entre la colonne mercurielle et le verre. Mais par contre, le niveau du mercure changeait dans les deux branches du tube en U; il s'élevait du côté où plongeait le fil négatif jusqu'à ce que la variation du niveau équilibrât la force développée par la circulation du mercure.

Ceci nous amène à l'expérience publiée par Draper, en 1845, et dans laquelle il se servait d'un tube en U, dont l'une des branches était d'un diamètre plus grand que l'autre; la branche la plus étroite contenait seule de l'eau acidulée au-dessus du mercure. Avec cet appareil, Draper observa la variation en question du niveau quand le courant était fermé à travers l'instrument, et il attribua le phénomène à une variation supposée de la constante capillaire du mercure. En 1873, M. G. Lippmann imagina une modification de l'appareil de Draper à laquelle il donna le nom « d'électromètre capillaire ».

Dans ce nouvel instrument, des mouvements analogues établis dans le mercure causaient naturellement une semblable variation de niveau; mais M. Lippmann les expliquait en reprenant la théorie de Draper, basée sur la capillarité. Dans une autre forme de l'électromètre de M. Lippmann, une colonne mercurielle est supportée verticalement dans un tube, dont la partie inférieure se termine en pointe effilée et capillaire, et plonge dans l'acide sulfurique étendu. Quand le *niveau* capillaire est désoxydé, la circulation qui s'établit dans le mercure au-dessus de lui le fait reculer. La colonne superposée s'oppose à ce recul et finit par l'équilibrer. Quand l'extrémité capillaire du tube est légèrement conique, ce qui se présente souvent, on observe qu'en rompant le circuit le niveau du mercure revient très-près de sa position primitive. Ces mouvements n'exigent qu'un très-faible courant pour se manifester, car les différents états d'oxydation des deux

surfaces de mercure sont généralement suffisants pour donner lieu à un mouvement perceptible quand le circuit est simplement fermé sans pile.

Le mouvement du mercure, dans l'expérience de Draper, était limité par le poids de la colonne qu'il soulevait. Lorsque dans un tube droit (capillaire ou non) et évasé à ses extrémités, l'eau acidulée est reliée à la pile, le globule de mercure transporte très-peu de liquide au delà, mais il se déplace lui-même vers le bout du tube. Avec un tube d'un calibre de 0,05 centim. de diamètre, sir Ch. Wheatstone trouva qu'un seul élément Daniell produisait un mouvement suffisant pour donner des signaux lisibles quand une résistance de 300.000 ohms était introduite dans le circuit (*).

Si, d'une façon quelconque, une inégalité pouvait se produire dans la constante capillaire en deux points de la masse de mercure, sans que cette inégalité fût due à une altération de la constitution chimique de la surface, le mercure se mettrait en mouvement en vertu de cette inégalité. Mais je ne sache pas que la constante capillaire du mercure puisse varier, tant que la nature chimique de la surface reste la même. Le mouvement du mercure et la variation de la tension superficielle sont dus à une cause commune, le déplacement par action chimique, et l'un des effets ne peut, dans aucune acception du mot, être pris pour la cause de l'autre.

(*) Cette expérience est, en fait, la même que celle faite en 1809 par Erman. C'est l'expérience d'Erman qui, pour la première fois, donna à sir Ch. Wheatstone l'idée de construire pour la télégraphie un récepteur à mercure. Erman explique de la manière suivante son expérience : « L'allongement et le mouvement de progression du cylindre de mercure dans le tube peuvent être rigoureusement expliqués par la seule augmentation d'adhérence et par l'introduction de l'eau dans l'espace capillaire qui en résulte. » Erman se défiait aussi d'« une attraction agissant à distance ».

Pour chercher l'effet exercé sur la constante capillaire d'une surface de mercure ordinaire par la désoxydation et ensuite par l'oxydation, on fit les expériences suivantes :

On relia un disque de cuivre de $0^m,017$ de diamètre par une soudure à l'extrémité d'un fil de cuivre de $0^m,003$ de diamètre et de 18 centimètres de longueur. La portion inférieure du fil et la face supérieure du disque furent vernies; la surface inférieure de ce dernier fut maintenue soigneusement amalgamée pendant quelques jours, afin d'éviter tout changement dans le degré d'amalgamation durant les expériences. Par son autre extrémité, le fil fut suspendu et amené dans la verticale du bout du fléau d'une balance de précision. Un vase rempli d'eau distillée atteignant à environ $0^m,01$ au-dessus du disque fut ensuite disposé au-dessous. Dans cet état des contre-poids furent placés dans le plateau de la balance pour rétablir l'équilibre. Ensuite on versa du mercure dans le vase jusqu'au contact de la surface amalgamée du disque, et l'on retira un peu d'eau pour revenir au niveau primitif. On ajouta alors des poids dans le plateau pour détacher du mercure le disque amalgamé, c'est-à-dire pour déterminer quelle colonne de mercure pouvait soutenir la tension superficielle du mercure. On fit aussi des expériences analogues avec de l'eau acidulée. Une pile fut alors installée entre le mercure du vase et un fil de platine plongé dans l'eau, et la force électromotrice résultante du circuit fut mesurée de temps en temps pour éviter toute incertitude résultant de la polarisation.

Le mercure étant désoxydé.

iquide.	Poids nécessaire pour détruire le contact.			
		gram.		gram.
Eau distillée. .	Circuit ouvert.	9,56 9,58	moyenne. .	9,57
	Force électromotrice = 1,2 Daniell. . . .	9,65 9,65	moyenne. .	9,65
	= 5,5 *id.*	9,64 9,62	moyenne. .	9,63
	= 11,0 *id.*	9,65 9,65	moyenne. .	9,65
Acide sulfurique étendu.	Circuit ouvert.	9,58 9,58	moyenne. .	9,58
	Force électromotrice = 0,47 Daniell. . . .	9,81 9,83	moyenne. .	9,82
	= 0,81 *id.* . . .	9,83 9,83	moyenne. .	9,83
	= 1,74 *id.* . . .	9,82 9,84 9,83	moyenne. .	9,83

La désoxydation fut continuée pendant deux ou trois heures avec chaque force de pile et les lectures faites à intervalles. Les pesées étaient impraticables avec des piles plus puissantes, à cause de l'adhérence des bulles d'hydrogène autour du disque suspendu.

Il résulte des expériences ci-dessus que sous l'eau et sous l'eau acidulée la tension superficielle du mercure augmente légèrement quand cette surface est désoxydée par un courant électrique, et la désoxydation sous l'eau acidulée paraît plus complète que sous l'eau distillée. Lorsque la désoxydation de la surface mercurielle était produite au moyen de l'hyposulfite de soude, l'effet était semblable à celui produit par la pile et l'eau acidulée; mais la désoxydation ne paraissait pas si complète.

Le disque amalgamé de cuivre des expériences précédentes fut équilibré comme auparavant, et l'on détermina les poids nécessaires pour le détacher du mercure, 1° dans

dans un tube ou canal étroit est due à la circulation rapide causée par ce déplacement;

4° Que ces mouvements ne tirent pas leur origine du changement de la constante capillaire ou de l'adhérence; et enfin,

5° Que nous pouvons répondre négativement à la question de Draper : « *L'attraction capillaire est-elle un phénomène électrique?* »

Dans ces recherches, M. M'Eniry, qui a aussi participé à toutes les expériences de feu sir Ch. Wheatstone au sujet de son récepteur à mercure, m'a prêté son aide et son concours.

Londres, 6 octobre 1876.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS TÉLÉGRAPHIQUES

LE TÉLÉGRAPHE QUADRUPLE.

LA TÉLÉGRAPHIE DOUBLE SOUS-MARINE.

Le 11 avril dernier, a été lu à la réunion de la Société des ingénieurs télégraphiques un mémoire sur la *Télégraphie quadruple*, par M. G. B. Prescott, électricien de la Western Union Telegraph Company, à New-York.

Le système décrit est une combinaison des systèmes de transmission avec circuit fermé, de transmission multiple (ou transmission simultanée dans le même sens) et du duplex (ou transmission simultanée en sens contraire). Sur les lignes très-longues on emploie presque généralement le système duplex-pont. Dans la partie de l'installation connue sous le nom technique de fil du pont (diagonale du pont) sont intercalés deux relais; l'un est un relais polarisé et l'autre possède une armature en fer doux. A chaque extrémité de la ligne sont placées deux clefs de transmission dont la fonction est de régler l'intensité et la polarité du courant émis par chaque station. Quand les deux clefs sont ouvertes, un courant d'une intensité constante parcourt la ligne. Quand la première clef est abaissée, un courant d'une intensité trois ou quatre fois plus grande que l'intensité normale traverse l'appareil de la station éloignée; le relais polarisé n'est

pas actionné par ce changement d'intensité, mais, dans l'autre relais, le courant, qui était d'abord trop faible pour attirer l'armature, acquiert maintenant une intensité suffisante pour fermer le circuit local. Le soulèvement ou l'abaissement de cette clef détermine simplement l'intensité du courant qui s'écoule sur la ligne, indépendamment de sa polarité; tandis qu'au contraire la seconde clef renverse cette polarité, et, suivant qu'elle est fermée ou ouverte, renverse ou ramène à son état normal la polarité du courant quelle que soit son intensité. On voit par là que les relais de la station éloignée répondent uniquement à la manipulation de leurs clefs respectives, et comme la série tout entière d'appareils est installée en duplex, la transmission simultanée de deux messages dans des directions opposées (c'est-à-dire en tout quatre messages) devient immédiatement possible pour chaque station.

Un point important dans ce système et qui lui a donné beaucoup de valeur aux yeux de la compagnie qui l'emploie, c'est que l'on peut combiner la transmission double avec la transmission quadruple. Ainsi, par exemple, la ligne de Boston à Buffalo a une longueur de 550 milles, il y a une translation à Albany qui se trouve à 350 milles de Buffalo. La ligne est exploitée de la manière suivante : Boston transmet à Buffalo, Buffalo à Boston; Boston à Albany et Albany à Boston; Buffalo à Albany et Albany à Buffalo. Quoique cette exploitation paraisse très-compliquée à première vue, remarquant que le quadruplex a l'avantage de réunir les qualités du système duplex et celles du système multiple, on verra que cette disposition est réellement pratique. Tout d'abord Boston et Buffalo peuvent évidemment envoyer chacun deux messages simultanément dans des sens opposés, et Albany, qui est

la station intermédiaire de translation, peut aussi, s'il le faut, recevoir les quatre messages, mais au moyen d'une disposition particulière, la translation ne laisse passer à chacune des stations extrêmes qu'un message dans chaque direction, c'est-à-dire deux messages en tout. Ainsi Boston peut envoyer un message à Buffalo au moment même où il en reçoit un de cette ville. En supposant que ces messages soient reçus sur les relais polarisés, ces messages seuls passeront en translation à Albany ; les relais non polarisés n'ont pas cette propriété, et la ligne est fermée aux dépêches reçues par ces relais.

De cette façon Albani peut recevoir de Buffalo et de Boston, et en disposant convenablement les communications, Albani peut, au même moment, transmettre à l'une et à l'autre ville. Ceci bien compris, on voit que sur chaque section de la ligne deux messages sont transmis simultanément et en sens contraires, et ce résultat est obtenu au moyen du système quadruple. On a installé de la sorte plusieurs circuits, et l'on peut, au besoin, faire d'autres combinaisons des deux systèmes dont nous avons parlé plus haut.

On a lu ensuite un rapport sur le système duplex employé sur le câble de Marseille à Alger.

Ce câble a 445 milles de longueur (*). Le système employé est le système du pont ordinaire, et l'appareil récepteur est le galvanomètre à miroir. Le cadre de ce galvanomètre est muni de deux fils enroulés, d'une résistance égale, ce qui n'est pas indispensable quoique préférable. L'un est intercalé dans la diagonale du pont et l'autre dans le circuit d'un condensateur d'une capacité de 20 microfarads; une des extrémités de ce circuit

(*) La vraie longueur de ce câble est d'environ 500 milles.

est reliée à la diagonale et l'autre à la terre en passant par le fil du galvanomètre. L'avantage de cette disposition est de réduire la capacité du condensateur nécessaire à la compensation, car le fil du galvanomètre situé dans le circuit du condensateur n'étant pas dérivé par les bras du pont, comme l'est le fil du galvanomètre placé dans la diagonale, il faut une décharge moindre pour neutraliser l'effet de la décharge qui se produit sur la ligne quand on transmet par le câble. Huit éléments sont employés pour travailler sur le câble, et la réception, quand on travaille en duplex, est meilleure que dans la transmission simple.

Le président ouvre ensuite la discussion des mémoires qui ont été lus.

M. Kempe fait remarquer que la question que les ingénieurs télégraphiques ont à examiner n'est pas de savoir s'il est possible d'établir la télégraphie quadruple, car cela est admis depuis longtemps, mais de savoir si ce système est avantageux au point de vue commercial, c'est-à-dire si la vitesse de transmission qu'on pourra atteindre avec l'appareil ou la série d'appareils de ce genre, justifie qu'il vaut mieux faire la dépense nécessitée par l'accroissement de la puissance des piles, les bobines de résistance, etc., plutôt que de construire une seconde ligne et d'établir le duplex sur les deux lignes. Il soutient qu'en l'absence de statistique de vitesse de transmission dans le mémoire de M. Prescott, ce dernier système est préférable.

M. J. Muirhead junior dit qu'il a vu fonctionner le câble de Marseille à Alger, et qu'il peut corroborer les renseignements communiqués à la Société. Ce câble, dit-il, se prêtait facilement à l'installation du duplex, sa longueur n'étant pas très-grande, et les retards dans la

transmission étant peu considérables grâce surtout à deux ou trois petits défauts dans son isolement. Après avoir ajouté un ou deux autres arguments en faveur de la facilité qu'offrait l'établissement du duplex sur ce câble, M. Muirhead déclare qu'il ne saurait s'étendre plus longuement sur ce sujet, vu qu'il vient d'intenter une action contre le gouvernement français pour infraction à son brevet (*).

M. Preece constate que c'est une erreur de supposer que, en dehors de l'Amérique, on n'a jamais essayé, en Angleterre et dans d'autres pays, d'établir un système de télégraphie double et quadruple sur une base solide. Lui-même, entre autres, à une date ancienne, s'est occupé à fond de ce sujet, dès qu'il a été reconnu pratique, et il a inventé à cette époque un système expérimental de télégraphie double qui a été installé entre Cowes et Southampton. Ce système était connu alors sous le nom de principe de la perte. Mais la longueur de ligne sur laquelle la télégraphie double pouvait être établie avec succès était limitée, soit à cause de l'imperfection de l'isolement à cette époque, soit à cause de l'induction statique. Ce n'est que depuis que M. Muirhead, en Angleterre, et M. Stearns, en Amérique, ont introduit le condensateur pour compenser la décharge de la ligne, que le système duplex a acquis l'importance qu'il a aujourd'hui.

Dans le département des Postes et Télégraphes d'Angleterre, il y a un grand nombre de circuits exploités suivant le système duplex.

(*) Les *Annales*, même tome, p. 56 et 193, ont publié la description du système de M. Ailhaud ; nous reproduirons prochainement *in extenso* le brevet de M. Muirhead, afin que le lecteur puisse apprécier le bien fondé de la réclamation annoncée par M. Muirhead.

De temps en temps nous voyons des rapports magnifiques sur le fonctionnement des différents systèmes télégraphiques employés en Amérique, et c'est pour vérifier la valeur relative de ces systèmes comparativement à ceux en usage en Angleterre, que le gouvernement envoie des délégués en Amérique. M. Preece étant lui-même un de ces délégués, il espère pouvoir, à son retour, communiquer les observations qu'il aura faites sur ces systèmes.

M. R. Von Fischer Treuenfeld dit que les premiers essais de télégraphie double ont été faits en mai 1854, entre Hanovre et Göttingen, en Allemagne, et que c'est se tromper que de croire que la télégraphie double n'est devenue pratique qu'après les brevets pris par MM. Stearns et Muirhead.

Le Dr C. W. Siemens a breveté son système en Angleterre en novembre 1854, et dans cette année et dans les deux qui suivirent, MM. Siemens et Halske installèrent des appareils duplex dans quatre-vingt-dix stations situées dans toutes les parties du monde. Comme à cette époque il n'y avait pas urgence à adopter ce système, on l'abandonna à cause de sa cherté et de sa complication relative.

(Extrait du *Telegraphic Journal.*)

CHRONIQUE.

Le Téléphone.

Nous avons parlé récemment des expériences qui se faisaient aux États-Unis sur la transmission des sons de la voix humaine, à l'aide des fils télégraphiques. Une expérience de ce genre vient d'avoir lieu entre New-York et Philadelphie. Le 31 mars, à huit heures et demie du soir, une vingtaine de personnes étaient réunies dans la Steinway-Hall, à New-York. L'appareil, appelé *le téléphone*, ayant été placé et les fils mis en communication, le signal fut donné à l'opérateur, à Philadelphie. Au bout de quelques secondes, les auditeurs présents dans la Steinway-Hall entendirent le prélude de l'air : *Home, sweet home* (chez soi, doux chez soi), d'abord assez bas et assez léger, puis sur un ton plus élevé, chaque note se percevant clairement. Le morceau qui suivit : *la Dernière rose de l'été*, fut joué plus prestement. Vint ensuite un air de Balfe : *la Bohémienne*, puis le *Yankee Doodle* et une variété d'airs irlandais et anglais.

Le reporter du *New-York Herald*, qui assistait à cette répétition, prétend que l'impression est celle d'un orchestre d'instruments à cordes, jouant à distance, les ondes sonores se suivant dans une succession régulière et agréable. Il n'y a pas là le volume, la variété et la grandeur d'un orchestre, mais seulement l'écho d'une musique débarrassée de tous les sons discordants et criards.

(*Journal officiel.*)

Divisibilité de la lumière électrique.

Par MM. L. Denayrouze et Jablochkoff (*).

(Comptes rendus de l'Académie des sciences.)

Bien que l'invention de M. Paul Jablochkoff ait été en progrès continu depuis la première communication que j'ai eu l'honneur de faire à l'Académie, j'ai cru convenable d'attendre, pour appeler de nouveau son attention sur nos études, qu'une application décisive eût démontré publiquement et pratiquement :

1° Que la bougie pouvait remplacer avantageusement le régulateur;

2° Qu'il était possible d'obtenir, par ce procédé, plusieurs foyers lumineux avec une seule source de courants électriques.

Nous venons de mettre ces deux points hors de toute discussion en éclairant avec des foyers multiples tous les soirs de la semaine dernière une des salles principales des magasins du Louvre.

Je crois pouvoir, après cette vérification publique du principe soumis à l'Académie, annoncer le résultat autrement important et nouveau obtenu par M. Jablochkoff, pendant quelques mois d'études poursuivies dans les ateliers de la Société que je dirige.

Des les premiers essais faits sur la bougie, nous avions reconnu que, si l'on obtenait avec celle-ci une lumière plus continue qu'avec le régulateur, et si en même temps on pouvait produire plusieurs foyers lumineux, ce double résultat était dû à l'action du courant sur la matière isolante interposée entre les deux charbons. L'arc voltaïque, en mettant en fusion cette substance, établissait pour le courant, entre les deux pointes de charbon, une sorte de passage beaucoup plus facile que quand l'isolateur était à l'état solide. L'expérience démontra qu'en donnant au courant de la machine une certaine tension, la distance que ce courant pouvait franchir sur cette sorte de conducteur liquide devenait assez considérable pour

(*) Voir *Annales*, t. III, p. 609.

créer un nombre de foyers lumineux relativement très-élevé. C'est ainsi que nous obtenons jusqu'à huit bougies brûlant à la fois sur le circuit d'une seule machine à courants alternatifs du type le plus ordinaire.

Dès lors, M. Jablochkoff a été conduit à essayer l'effet des étincelles produites par un courant de grande tension sur les corps réfractaires.

Il a introduit, dans le circuit central de la machine, le fil intérieur d'une série de bobines d'induction et fait passer l'étincelle provenant du courant induit sur une lame de kaolin placée simplement entre les deux extrémités du fil extérieur de chaque bobine.

Nous avons vu alors que, bien que le courant n'eût pas une intensité suffisante pour faire entrer en fusion le kaolin interposé, il chauffait celui-ci au point de le rendre incandescent.

On fait passer d'abord le courant sur une sorte d'amorce plus conductrice, disposée sur le rebord de la lame de kaolin. La partie de la plaque qui est chauffée de la sorte donne alors une ligne qui devient un conducteur très-résistant et qui, au passage d'un courant de forte tension, rougit au blanc en émettant une belle lumière. Il se produit sur toute cette longueur une certaine consommation de kaolin, mais cette consommation est très-faible. La plaque de kaolin soumise à l'action du courant s'use sur toute sa partie éclairée à raison d'environ 1 millimètre par heure.

Le résultat que l'on obtient ainsi entre les deux extrémités du fil de la bobine est une magnifique bande lumineuse qui peut atteindre une longueur beaucoup plus grande que l'étincelle d'induction ordinairement produite par la bobine que l'on emploie. Mais cette bande lumineuse, au lieu d'être non éclairante comme l'étincelle d'induction, est un foyer permanent donnant une lumière aussi douce et plus fixe qu'aucune lumière connue, non-seulement électrique, mais d'usage courant. Quant à sa puissance, elle ne dépend que du nombre des spires et du diamètre des fils des bobines employées.

Comme on peut placer un très-grand nombre de bobines dans le circuit, et que sur chaque bobine on peut diviser en plusieurs sections éclairant séparément une bande de kaolin de longueur convenable, on arrive de la sorte à la divisibilité

complète de la lumière électrique. Nous pouvons obtenir très-aisément cinquante foyers lumineux d'une intensité variable.

Dans nos expériences, nous avons employé des bobines de diverses grandeurs, l'intensité du foyer correspondant à chacune d'elles varie naturellement avec la dimension de la bobine. Dans nos expériences, nous avons échelonné les intensités des divers foyers, de manière à avoir une série graduée de bandes lumineuses dont les plus faibles donnaient une lueur d'un ou deux becs, et les plus fortes une lumière d'une quinzaine de becs de gaz..

En employant les courants alternatifs, on peut supprimer l'interrupteur et le condensateur des bobines; alors le système total de distribution des courants se réduit à une artère centrale représentée par la série des fils intérieurs de la bobine sur laquelle viennent s'embrancher autant de conducteurs distincts que l'on place de bobines sur le circuit. Chaque foyer lumineux est donc parfaitement indépendant, et chacun d'eux peut s'éteindre ou s'allumer séparément. La distribution d'électricité dans un bâtiment à éclairer devient alors analogue à la distribution du gaz, et dans l'usine spéciale que nous construisons les grands espaces seront éclairés par les bougies, et les bureaux et corridors par les bandes lumineuses.

Les appareils d'éclairage des petits locaux sont d'une simplicité frappante. Ils se réduisent, en effet, à une simple pince retenant une lame de porcelaine qui, avec une longueur de 1 centimètre, peut brûler toute la nuit.

En résumé, les résultats que M. Jablochkoff fait connaître aujourd'hui, et dont je ne crains pas de m'engager à fournir incessamment la démonstration pratique, sont les suivants : 1° divisibilité complète de la lumière électrique; 2° fixité absolue de cette lumière divisée; 3° possibilité de distribuer en toutes proportions et en tous points d'un lieu à éclairer les grandes, petites ou moyennes lumières; 4° suppression des charbons pour les petites et moyennes lumières.

Lumière électrosilicique.

(Note de M. G. Planté à l'Académie des sciences.)

Les résultats importants que viennent de publier MM. Denayrouze et Jablochkoff sur la divisibilité de la lumière électrique par l'emploi de courants d'induction agissant sur des corps réfractaires, peuvent donner de l'intérêt à la description de quelques phénomènes que j'ai observés dans mes recherches sur les courants électriques de haute tension.

J'ai signalé les brillants effets lumineux qu'on obtenait en faisant tomber l'un des pôles d'une puissante batterie secondaire contre les parois d'un vase en verre ou d'une cuvette en porcelaine renfermant une dissolution saline.

Dans l'expérience à l'aide de laquelle j'ai montré l'aspiration que produit le courant électrique autour d'un fil de platine traversant un tube capillaire, si le courant dépasse une certaine intensité dont la limite dépend de la nature de la dissolution saline employée, le verre entre alors en fusion, au sein même du liquide, en répandant une lumière éblouissante. L'extrémité du fil de platine, qui s'est façonnée en boule, se trouve englobée dans une petite masse de verre fondu, et la lumière se maintient très-vive pendant la décharge de la batterie secondaire, jusqu'à ce que le verre, refroidi autour de l'électrode, l'isole complétement du liquide.

Quand on opère avec une dissolution de sel marin dans le voltamètre, cet effet lumineux exige, pour se produire, la réunion de 250 à 300 couples secondaires; mais si l'on emploie une solution d'azotate de potasse, il se manifeste de même avec 60 couples secondaires, dont l'intensité correspond à peu près à celle de 90 couples de Bunsen.

La manière dont les dissolutions salines se comportent vis-à-vis de la silice du verre porté à une haute température par le courant électrique est, en effet, très-variée, à cause de la fusibilité plus ou moins grande des silicates formés, ainsi que l'a reconnu déjà M. Carré en mélangeant divers sels aux charbons employés pour la lumière électrique ordinaire.

La lumière vitrée peut se produire, soit à l'électrode posi-

tive, soit à l'électrode négative, mises successivement en contact avec un tube ou une paroi en verre; elle exige une force un peu plus grande pour se manifester au pôle positif; mais elle est plus silencieuse qu'au pôle négatif où elle est accompagnée d'une bruyante crépitation. Il se dégage, au moment où la lumière du verre apparaît, une vapeur blanche épaisse et abondante, présentant une légère réaction alcaline. Le verre est, en même temps, fortement attaqué et dévitrifié.

Cet effet correspond aux altérations du verre produites, à un très-faible degré, par l'électricité statique, et qui, visibles seulement par la buée résultant de l'insufflation, sont connues sous le nom de figures roriques, depuis les recherches de MM. Riess, Peyré, Wartmann, etc.

Les phénomènes lumineux observés autour du verre, à l'aide des courants d'induction, par MM. du Moncel, Gassiot, Grove, etc., se rattachent aussi à la lumière dont il s'agit.

On pourrait être porté à attribuer à la chaux combinée à la silice dans le verre l'éclat de cette lumière; mais, si l'on examine le spectre qu'elle donne, on reconnaît qu'il ne présente pas de raies appréciables, sauf quelques traces de celle du sodium, tandis qu'un fragment de spath calcaire placé dans les mêmes conditions, tout en donnant aussi une lumière très-vive et un spectre continu, laisse voir les raies caractéristiques du calcium.

Dans l'un et l'autre cas, l'étincelle formée au pôle négatif au-dessus de la dissolution de nitrate de potasse, donne, avant le contact de l'électrode avec le verre ou le spath, les raies du potassium; mais ces raies disparaissent dès que la lumière plus éclatante du verre ou du spath se produit.

Les raies du silicium étant faibles, d'après l'analyse de M. Kirchhoff, on conçoit qu'elles n'apparaissent pas, en raison de l'intensité lumineuse du spectre formé, de même que les raies du carbone ne sont pas perceptibles dans le spectre des charbons incandescents de l'arc voltaïque.

L'origine silicique de cette lumière est prouvée d'ailleurs par ce fait qu'elle se manifeste également au contact de l'électrode avec de la silice pure à l'état de cristaux de quartz hyalin. Il faut seulement, pour la produire dans ce cas avec la même

dissolution saline, une force électrique plus grande que pour le verre, soit environ 100 couples secondaires.

La silice elle-même devant être décomposée par ces courants de grande tension, l'effet lumineux résulte, selon toute vraisemblance, de l'incandescence du silicium dont M. H. Sainte-Claire-Deville et M. Wœhler ont montré les analogies remarquables avec le diamant et le graphite. On peut donc, pour distinguer cette lumière de celle qui est produite par un courant électrique entre deux cônes de charbon, la désigner sous le nom de *lumière électro-silicique*.

Éclairage électrique.

I. — On parle beaucoup en ce moment du progrès qu'aurait réalisé la compagnie Lontin dans le perfectionnement de ses appareils pour la production économique, et en quelque sorte domestique, de la lumière électrique.

Les machines Lontin permettent de produire l'électricité à un prix de revient assez faible pour que cet obstacle, jusque-là insurmontable à son emploi puisse être considéré comme écarté. La vitesse modérée à laquelle elles fonctionnent est une garantie pour leur durée presque indéfinie, et diminue ainsi considérablement une des causes de l'instabilité de cette lumière.

La possibilité de multiplier les foyers lumineux en abaissant leur puissance, permet de mieux répartir cette lumière en affaiblissant les deux causes de perte qu'elle devait subir par suite de la distance à laquelle on était obligé d'installer les foyers lumineux trop puissants et de l'opacité des globes employés pour en adoucir l'éclat. Les nouveaux régulateurs Lontin permettront de placer le foyer lumineux au milieu et au-dessus des espaces à éclairer; la lumière, projetée verticalement de haut en bas, sera mieux distribuée et en même temps moins fatigante pour la vue.

La fixité absolue de la longueur de l'arc voltaïque, réglé pour chaque régulateur suivant sa puissance, permet d'éviter une autre cause de l'irrégularité de la lumière.

Enfin, les régulateurs de la Société Lontin peuvent être disposés de façon que l'arc se produise dans une cheminée en verre presque entièrement close, et que la diminution dans l'accès de l'air entraîne une économie proportionnelle dans l'usure des charbons et prolonge leur durée.

II. — La semaine dernière, des expériences sur l'éclairage électrique, système Jablochkoff, ont été faites et, dit-on, couronnées de succès, dans les grands magasins du Louvre; la lumière serait très-puissante et moins fatigante que celle que l'on a produite jusqu'à présent, car le système fait disparaître ces intermittences, ces tremblotements et ces alternatives d'éclat et d'ombre que l'on reprochait jusqu'ici à la lumière électrique.

M. Jablochkoff a eu l'idée ingénieuse d'introduire dans le circuit central d'une machine magnéto-électrique le fil intérieur d'une série de bobines d'induction, et fait passer l'étincelle d'induction sur une lame de kaolin placée simplement entre les deux extrémités du fil extérieur de chaque bobine. La lame de kaolin, interposée, s'échauffe, rougit et se vaporise; aussi doit-elle être remplacée de temps en temps. Les journaux qui ont rendu compte de ces expériences ont oublié de dire que leur succès était dû surtout à l'emploi des courants alternatifs de la machine magnéto-électrique de la compagnie l'*Alliance*, dont nous avons annoncé la reconstitution toute récente.

(*Les Mondes.*)

Charbons pour la lumière électrique.

M. Archereau présente à l'Académie, par l'entremise de M. Th. du Moncel, des charbons préparés pour la production de la lumière électrique. Ces charbons, composés de carbone aggloméré et comprimé, mêlé à de la magnésie, ont, d'après l'auteur, l'avantage de rendre cette lumière plus stable et d'augmenter son pouvoir éclairant, par rapport à celui des charbons de cornue, dans la proportion de 1 à 1,34. Ces charbons ont une extrême dureté et brûlent sans résidu. Ils ont

été essayés avec la lumière électrique produite par les machines de la compagnie l'*Alliance*.

(*Comptes rendus.*)

Disposition qui permet de reproduire

à l'aide de la sirène, l'expérience de Foucault (arrêt d'un disque tournant, sous l'action d'un électro-aimant).

Par M. Bourbouze.

On connait l'expérience de Faraday, qui consiste à placer, entre les pôles d'un électro-aimant puissant, un cube de cuivre ou d'argent suspendu à l'extrémité d'un cordon fortement tordu; le cube ayant été abandonné à lui-même et ayant pris un mouvement de rotation rapide, si l'on vient à lancer un courant dans l'électro-aimant, le cube s'arrête d'une manière à peu près instantanée.

Foucault a réalisé un effet semblable, en faisant tourner un disque de cuivre entre les pôles d'un électro-aimant. Le mécanisme qu'il employait, pour produire la rotation, était celui qui lui avait servi à mettre en mouvement son gyroscope.

La disposition que j'ai adoptée, pour répéter ces expériences, permet de rendre sensible à un nombreux auditoire l'action du magnétisme sur un disque tournant. Je fixe, sur l'axe d'une sirène, un disque de cuivre rouge, parallèle au plateau mobile, et tournant entre les armures d'un électro-aimant qui peut être porté par la sirène elle-même. Pour donner le mouvement à la sirène, j'utilise l'appareil à entraînement d'air qui me sert pour la plupart des expériences d'acoustique. L'appareil une fois lancé, et le son produit étant d'autant plus aigu que la vitesse de rotation est plus grande, on fait passer le courant dans l'électro-aimant: le plateau s'arrête, et le son, jusqu'alors perceptible à une grande distance, cesse complétement.

Je demande la permission de donner, à cette occasion, quelques indications sur l'appareil que je substitue à la soufflerie ordinairement employée pour faire marcher la sirène. Cet appareil se compose d'un réservoir à air comprimé d'une cinquantaine de litres de capacité; il est mis en communica-

tion avec un conduit dont l'extrémité est très-fine, et qui s'engage dans l'axe d'un tube conique beaucoup plus large; dans le tube extérieur on a ménagé, comme dans le bec de Bunsen, des ouvertures pour produire des entraînements d'air. Cette disposition permet d'obtenir des sons plus élevés qu'avec des souffleries ordinaires. Un manomètre, mis en communication avec le tube d'entrée, indique la pression qui correspond à un son déterminé.

(*Comptes rendus.*)

Lumière électrique à la mer.

L'appareil d'éclairage électrique de l'*Amérique*, paquebot à vapeur transatlantique français, consiste principalement en une machine de Gramme, une lampe portative et une lumière de signaux placées dans la partie supérieure d'une tourelle en tôle. La machine magnéto-électrique de Gramme a une puissance de deux cents lampes Carcel; la lampe est munie de lentilles prismatiques, elle est capable de projeter une brillante et éclatante lumière blanche sur un arc de 225 degrés. La lampe à bord de l'*Amérique* est à 33 pieds au-dessus de l'eau, et, à cette hauteur, on a pensé qu'elle pourrait être aperçue à une distance de dix milles géographiques par un observateur placé à vingt pieds au-dessus de l'eau. Non-seulement une telle portée, ou toute autre qui en approche, tend beaucoup à diminuer le danger des collisions, mais le puissant éclairage a été reconnu très-convenable pour les opérations de chargement et de déchargement, et très-utile pour guider pendant la nuit le vaisseau dans le port ou hors du port. Relativement à la lampe mobile, on en a trouvé un usage important. Au moyen d'un cône en tôle placé sur la lumière, et dont la base à grand diamètre est bien élevée, un flot de lumière est projeté sur les voiles de l'*Amérique*, de sorte qu'elles peuvent être vues par d'autres vaisseaux à une grande distance, même sans la lumière de signaux. Ajoutons que tout l'ensemble de l'appareil n'est pas dispendieux, se manœuvre facilement, est peu sujet à se déranger, et n'occupe qu'un petit espace.

(*Les Mondes*).

Fil télégraphique *Compound*.

L'introduction dans la pratique générale du fil télégraphique *Compound* a été retardée jusqu'ici à cause de la facilité avec laquelle le cuivre tend à se séparer de l'âme d'acier, et aussi parce que son prix est beaucoup plus élevé que celui du fil de fer de conductibilité équivalente. Par l'ancien procédé on recouvrait le fil d'acier d'une bande mince ou d'un ruban de cuivre que l'on enroulait en spirale autour du fil, à l'aide de machines spécialement construites pour cet usage. La pratique a démontré que, à moins d'une fabrication bien soignée, l'âme et son enveloppe tendaient à se séparer, et que cette séparation provenait fréquemment de ruptures ou de dérangements accidentels survenus après la pose des fils sur les poteaux ou autres supports. En outre, le procédé de fabrication du fil était trop coûteux.

L'idée originale sur laquelle reposait cette forme de conducteur était le dépôt du cuivre sur l'âme d'acier, mais comme on n'avait pas à ce moment d'appareil convenable, l'idée fut abandonnée, et l'on adopta le procédé mentionné plus haut.

Au bout de deux ou trois ans, on reconnut qu'il était indispensable d'avoir un autre système de fabrication : les expériences faites à ce sujet dans les ateliers de MM. Wallace et fils, à Ansonia (Connecticut), réussirent parfaitement et aujourd'hui le fil est exclusivement préparé par le dépôt électromagnétique du cuivre sur l'âme d'acier. On a construit d'immenses bassins dans lesquels de grandes quantités de cuivre peuvent être rapidement déposées, et l'on obtient sur le fil une couche de cuivre de l'épaisseur voulue. Avec ce procédé, l'acier et le cuivre sont plus intimement unis et tout danger de séparation est écarté.

Le fil d'acier recouvert de cuivre possède à la fois la résistance à la tension et la conductibilité sous un poids plus petit et des dimensions moindres.

(*Journal of the Telegraph.*)

Nouvelle sonde marine de M. Ch. Tardieu.

L'appareil se compose d'une enveloppe sphérique de caoutchouc, ayant quelques centimètres d'épaisseur et communiquant avec un réservoir en fer, au moyen d'un tube de petit diamètre muni d'une soupape. L'enveloppe de caoutchouc étant remplie de mercure, tout accroissement de la pression extérieure fait passer dans le réservoir de fer une certaine quantité de mercure, qui ne peut revenir en sens inverse. Si l'appareil est descendu dans une eau profonde, la pesée de mercure que l'on trouvera dans le réservoir permettra de déterminer la pression à laquelle il aura été soumis, et, comme conséquence, la profondeur elle-même.

(*Comptes rendus.*)

Les courants telluriques.

Il y a euviron quarante ans que l'on a découvert qu'on pouvait faire fonctionner un électro-aimant à l'aide d'une pile composée de plaques de zinc et de cuivre enterrées dans un sol humide. Ce fait a été signalé pour la première fois en Allemagne par Gauss, en 1838. Alexandre Bain refit cette découverte et la breveta en Angleterre en 1840. En 1844, Alfred Vail réussit par ce moyen à faire transmettre sur la ligne de Washington à Baltimore où le télégraphe de Morse avait été installé à son origine. Voici en quels termes Vail rend compte de cette expérience dans son ouvrage : *The American electro-magnetic Telegraph*, publié en 1845 :

« Après la clôture de la session du Congrès, dans le printemps de 1844, une série d'expériences fut entreprises à la requête du professeur Morse, sous la direction de M. Vail, dans le but de déterminer la quantité de piles indispensables au fonctionnement du télégraphe. La première expérience eut pour but de fixer le nombre minimum d'éléments à employer : on se servait jusque-là de 80 éléments. On trouva que deux éléments suffisaient pour marcher de Washington à Balti-

more. Ce succès dépassait toutes les espérances, et les expériences prouvèrent accidentellement que la terre avait elle-même un pouvoir galvanique suffisant pour faire marcher un électro-aimant sans le secours de la pile. Tout d'abord, on mit dans la terre une plaque de cuivre, et à 300 yards de celle-ci, on enterra une plaque de zinc. A chacune de ces plaques était soudé un fil dont les bouts furent conduits au bureau télégraphique et reliés couvenablement au manipulateur et l'électro-aimant du récepteur, sans que la pile fût mise en communication. En manipulant on vit l'électro-aimant marcher et le style enregistrer les signaux. On procéda ensuite à une expérience sur une bien plus grande échelle, qui ne consistait en rien moins qu'à placer la plaque de cuivre à Washington, celle de zinc à Baltimore, avec un seul fil réunissant les deux stations, et en supprimant la pile. Ici, encore, l'expérience réussit, mais l'effet était moindre. En employant un appareil plus sensible (un relais), l'électro-aimant marcha et le style de l'appareil récepteur enregistra les signaux. De ces expériences on doit conclure qu'avec un agencement de plaques métalliques, la terre peut engendrer constamment le fluide galvanique. »

La *pile de terre* a cet inconvénient qu'il n'est pas possible d'obtenir une force électromotrice supérieure à celle d'un seul élément; car, quel que soit le nombre de paires de plaques dont on fasse usage, l'effet sera le même qu'avee une seule plaque, par la raison que toutes ces plaques sont virtuellement placées dans le même élément. En enterrant de grandes plaques de zinc et de cuivre dans la terre humide, on peut obtenir un courant à peu près égal à celui d'un élément Daniell, lequel est suffisant pour faire fonctionner avec force un parleur ordinaire. Mais si l'on a une ligne d'une certaine longueur, dont le courant devra vaincre la résistance, l'effet sera nécessairement très-faible. Il n'est pas correct de dire que, par ce procédé, on engendre de l'électricité, sans le secours d'agents chimiques, car l'action est réellement produite par l'oxygène contenu dans l'eau de la terre humide, lequel s'unit au zinc qu'il oxyde; et en définitive, l'action est la même que quand on emploie un acide, seulement elle se manifeste beaucoup moins rapidement. On compense plus ou moins la len-

teur comparative de l'action en augmentant la dimension des plaques.

(Extrait du *Journal of the Telegraph.*)

Les collisions en mer.

La dernière séance de « l'Inventors' Institute » a été occupée par la lecture d'une note relative aux moyens de prévenir les collisions en mer, dans laquelle l'auteur, M. J. J. Nicholl, s'appuie sur ce fait qu'au moment d'une collision imminente entre deux bâtiments, chacun d'eux attend, pour prendre une décision, d'avoir aperçu quelque indication sur la manœuvre de son antagoniste; si l'on observe qu'un navire animé d'une vitesse de quinze nœuds à l'heure ne met pas plus de deux minutes à percourir une distance d'un mille, on conçoit combien cette hésitation doit être fatale dans la plupart des circonstances. M. Nicholl propose donc d'adopter une disposition au moyen de laquelle la lumière blanche du fanal de tête de mât est changée en vert quand la barre est mise à bâbord et en rouge quand elle est mise à tribord. Il a aussi une disposition analogue pour indiquer les mouvements de la barre pendant le jour. Cette note est accompagnée de dessins représentant les deux appareils. Elle a été hautement approuvée par les membres de la réunion et en particulier par l'amiral Selwin.

(*Broad Arrow.*)

Service télégraphique de la Tunisie.

Un bureau télégraphique à service limité a été ouvert à Djerba le 12 mai.

L'île de Djerba est à 508 kilomètres au sud de Tunis : elle est séparée de Tripoli par une distance d'environ 250 kilomètres.

L'île de Djerba, à peu près circulaire et d'un diamètre de 25 kilomètres environ, renferme plusieurs centres de population. C'est dans le centre le plus important, Houmt-El-Souk (quartier du marché), que se trouve le bureau télégraphique.

BIBLIOGRAPHIE.

I. Étude du télégraphe automatique de sir Ch. Wheatstone, par Albert Le Tual, employé à la station centrale de Paris, ouvrage publié avec l'autorisation de l'administration des lignes télégraphiques. — Prix, texte et atlas : 5 francs ; pour le personnel des lignes télégraphiques : 3 francs. (Port en plus : 60 centimes.) — Paris, Dunod, éditeur, 49, quai des Augustins.

Cet ouvrage se compose d'un volume de texte de 290 pages, format des *Annales télégraphiques*, et d'un atlas, composé de 48 planches par la photogravure. C'est une monographie aussi complète que possible de l'appareil rapide de sir Ch. Wheatstone, faite par un employé parfaitement au courant de tous les détails de la manœuvre et de l'entretien des divers instruments qui composent cet appareil.

L'auteur a introduit deux grandes divisions dans son travail : La partie mécanique et la partie électrique.

Dans la partie mécanique, il décrit successivement les organes du perforateur (simple ou pneumatique), ceux du transmetteur (ancien et nouveau modèle) et du récepteur.

Dans la partie électrique, il décrit les commutateurs, au nombre desquels sont compris les différents modèles de manipulateur à inversion de courant, les communications électriques intérieures et extérieures) et la marche du courant dans les deux modèles de transmetteur.

Les autres chapitres sont consacrés à l'étude de la compensation, expliquée d'une façon élémentaire par les courbes d'intensité ; au réglage et à la recherche des dérangements ; à l'entretien des appareils ; à leur manœuvre ; à l'organisation du service, et à la détermination de la vitesse de transmission et du rendement.

Enfin l'auteur termine par l'étude de l'application à l'appareil Wheatstone, de la transmission double en sens contraire, par l'emploi de bobines différentielles.

Parmi les planches, 7 sont consacrées aux organes du perforateur, 10 à ceux du transmetteur, 11 à ceux du récepteur, 2 aux manipulateurs, 3 aux commutateurs et à l'électro-ai-

mant, 1 à la compensation, 2 au réglage, 4 au Wheatstone duplex et 2 aux communications extérieures de l'appareil installé soit en simple, soit en duplex.

II. Guide pratique pour l'emploi de l'appareil Morse, suivi du service de l'appareil à cadran et des indications relatives à l'entretien des piles (orné de 60 dessins sur bois par l'auteur). Deuxième édition, refondue et augmentée de 30 gravures nouvelles, par Louis Houzeau, employé des lignes télégraphiques. Ouvrage publié avec l'autorisation de l'administration. — Paris, chez l'auteur, 11, rue Rousselet (faubourg Saint-Germain). — Prix : 3 francs 50 centimes.

Les *Annales* (t. 1er, p. 258) ont rendu compte de cet ouvrage, destiné surtout aux personnes appelées à faire de la télégraphie sans posséder les connaissances techniques nécessaires. La première édition est déjà épuisée : nous nous bornerons à indiquer les additions introduites dans la seconde.

Elle commence par une description détaillée des différents éléments de pile employés pour la télégraphie en France, c'est-à-dire l'élément Daniell, le Callaud, l'élément Marié-Davy et celui de la pile Leclanché ; dix figures nouvelles représentent le détail de ces éléments et leur montage en tension.

A propos du récepteur, l'auteur indique les inconvénients de l'ancien tendeur à fil de soie et décrit les modifications qu'il a imaginées lui-même pour perfectionner le réglage antagoniste du levier Morse. Ces modifications ont été mentionnées dans le numéro des *Annales télégraphiques* de novembre-décembre 1876.

La nouvelle édition donne la description de plusieurs instruments accessoires qui n'avaient pu trouver place dans la première. Ce sont : la sonnerie dite trembleur du système Lippens, le parleur, le paratonnerre-commutateur du système Delattre, la bobine de résistance, le galvanomètre vertical à arrêt, la sonnerie de facteur avec son paratonnerre à stries et bouton de sonnerie avec mise automatique à la terre.

Ces cinq derniers instruments font partie de la *boîte-poste* qui constitue le nouveau modèle de poste municipal. Une planche sur *fond noir* indique les communications de la *boîte-poste*.

Le nombre de ces dessins sur *fond noir* a été augmenté. 10 planches de ce genre donnent :

L'installation d'un poste pour une seule ligne;

L'installation d'un poste *dérivé* avec rappel par inversion de courants;

La même installation pour un poste *embroché*, ainsi qu'une figure théorique de ce dernier montage de poste;

L'installation d'un poste en relais;

Celle d'un poste muni de parleur, et enfin celle d'un poste desservant deux lignes avec Morse et cadran.

Quelques indications nouvelles sur les dérangements, les moyens de les reconnaître et d'y remédier ont été ajoutées.

L'instruction qui termine l'ouvrage, relative à l'entretien des quatre piles Daniell, Callaud, Marié Davy et Leclanché, a été entièrement refaite.

Les dessins de ce guide pratique ont été augmentés de 30 nouveaux, ce qui porte à 60 le nombre des bois de cette seconde édition.

III. — **L'éclairage à l'électricité,** par M. Hippolyte FONTAINE.

Extrait de la préface :

« Notre but, en publiant cet ouvrage, est de montrer quelles sont, dans l'état actuel de la science, les applications judicieuses que l'on peut faire de l'électricité à l'éclairage; c'est autant pour enregistrer les services que la nouvelle lumière est susceptible de rendre à une foule d'industries, que pour combattre les fausses idées répandues sur la possibilité de son emploi universel.

« Peu de questions ont en ce moment le privilége d'exciter l'attention publique autant que celle qui nous occupe; on fait des expériences en France, en Angleterre, en Allemagne, en Russie, en Belgique, en Suède, en Autriche, en Espagne, en Amérique; sur les navires, les quais, les chantiers; dans les usines, les ports, les places fortes, les gares de chemins de fer, etc., etc. C'est un engouement général.

« Dans ce siècle, où les progrès se succèdent si rapidement, beaucoup de personnes n'attendent même pas la sanction de l'expérience pour exalter une nouvelle invention au détriment de toutes les autres; ces personnes ont à peine eu le temps d'admirer les merveilleux effets de l'éclairage à l'électricité, en proclamant qu'il est cent fois plus économique que le pré-

cédent, qu'on peut l'employer partout, le fractionner indéfiniment, et que sa lumière est aussi belle et aussi intense que le soleil lui-même.

« D'autres personnes, malheureusement plus nombreuses que les premières, ne veulent pas sortir de la routine, et entravent par leur inertie la marche de tous les progrès. Pour elles, la lumière électrique ne saurait exister industriellement; c'est un foyer fantaisiste qui éblouit ceux qui le regardent et fatigue tellement les yeux, qu'il est matériellement impossible d'en faire usage.

« Nous ignorons les surprises que l'avenir nous réserve mais notre connaissance du sujet nous permet d'affirmer que le rôle de l'électricité est loin d'être arrivé à son entier développement, surtout au point de vue de la transformation du mouvement en lumière. L'important n'est d'ailleurs pas de savoir ce qui sera, c'est de connaître ce qui est. Et c'est pourquoi nous présentons aujourd'hui une étude sur les éléments qui sont définitivement entrés dans le domaine pratique de l'éclairage à l'électricité et sur les meilleures conditions de les mettre en usage. Plus tard, lorsque les perfectionnements surgiront, on les mettra d'autant mieux à profit que l'on aura su mieux apprécier leurs avantages; en attendant, il nous paraîtrait peu raisonnable de négliger l'emploi de ce qui est déjà très-bon, sous prétexte qu'on arrivera un jour à quelque chose de plus parfait. »

L'ouvrage est divisé en douze chapitres dont nous reproduisons les titres :

Nécrologie.

JOSEPH MONTAGNOLE.

La mort vient de frapper encore un de nos camarades les plus sympathiques : Joseph Montagnole a succombé, le 9 avril dernier, à une douloureuse maladie dont il avait contracté le germe pendant le siége de Paris.

Né à Chambery le 17 septembre 1834, Montagnole débuta en 1854 dans la télégraphie.

Appelé en 1867 à la station centrale de Paris, il s'y fit bientôt remarquer par son caractère droit, son application au travail et ses aptitudes spéciales pour la mécanique. Un an plus tard, en 1868, on le chargeait du contrôle des bureaux municipaux du département d'Eure-et-Loir; l'année suivante il était nommé de 1re classe, rappelé à Paris et attaché au contrôle du matériel. Ce fut vers cette époque qu'il imagina le modèle de paratonnerre à fil préservateur aujourd'hui en usage dans les postes d'éclusiers.

Un décret du 7 février 1871 lui conféra la croix de chevalier de la Légion d'honneur pour reconnaître son dévouement pendant les circonstances les plus graves.

Attaché au service de la construction des lignes souterraines, il sut encore se montrer aussi actif qu'ingénieux et on lui doit, entre autres améliorations de détail, un appareil facilitant l'introduction des câbles dans les tuyaux.

Malheureusement ce genre de service ne convenait nullement à l'état de santé de notre pauvre ami, auquel le médecin prescrivait un repos presque absolu et un régime sévère impossible à suivre sur les travaux. Ses forces allaient sans cesse en déclinant, mais son énergie y suppléait, et il parvint longtemps à dissimuler la gravité de sa situation. Arrivé à la dernière période de sa cruelle maladie, complètement épuisé, il dut enfin s'arrêter et songer à se soigner; mais il était trop tard. Reconnaissant qu'il n'avait plus la vigueur physique nécessaire pour reprendre ses travaux de prédilection, il sollicita la direction d'un bureau.

Le grade de chef de transmission qu'il avait obtenu en janvier 1874 permit à l'administration de le nommer, en février

dernier, au poste de Chambéry. Il ne devait pas jouir de la douce satisfaction de se retrouver dans sa ville natale, à la tête du bureau où il avait débuté dans sa carrière télégraphique. L'affection terrible qui devait l'emporter faisait chaque jour d'effrayants progrès, et il s'éteignit le 9 avril. Ses obsèques ont eu lieu à Chambéry le 11 avril; M. Beer, inspecteur de la Savoie, y assistait avec tout le personnel télégraphique de Chambéry, sauf celui strictement nécessaire au service. M. Belz, inspecteur de l'Isère, était venu de Grenoble lui rendre les derniers devoirs.

Tous ceux qui, comme nous, ont vécu dans l'intimité de Montagnole, ou qui ont pu, dans des relations, même passagères, apprécier la loyauté de son caractère et les rares qualités de son cœur, s'associeront à notre douleur et regretteront de n'avoir pas eu la consolation de l'accompagner à sa dernière demeure.

H. Clérac.

Raybois.

M. Raybois, chef de transmission de 1re classe, chargé d'organiser le service télégraphique à la Guyane française, est décédé aux îles du Salut le 14 avril 1877.

Né le 2 janvier 1837 à Nancy, Raybois était entré dans l'administration le 24 octobre 1857. Appelé à Paris en 1863, il ne tarda pas à être remarqué comme un employé d'avenir.

Une mention honorable (décret du 8 décembre 1870) et la médaille militaire (décret du 27 avril 1872) récompensèrent le dévouement dont il donna des preuves à plusieurs reprises dans des circonstances périlleuses.

Commis principal depuis le 1er juillet 1872, il fut chargé, sur sa demande, au mois de juillet 1874, d'organiser un réseau de lignes télégraphiques à la Guyane, et s'embarqua à Saint-Nazaire le 7 août.

Au lendemain de son arrivée à Cayenne, Raybois se mettait en route pour étudier le tracé d'une ligne destinée à relier le pénitencier de Kourou au siége du gouvernement. Cette étude se poursuivait sur le littoral, à travers les savanes maréca-

geuses et sous un soleil ardent. — Raybois était assez faible de constitution; aussi fut-il, dès ce premier voyage, atteint des fièvres paludéennes dont les attaques réitérées devaient être la cause de sa fin prochaine. Mais chez lui la vigueur morale et l'activité suppléaient à tout. Jusqu'à son dernier moment il lutta contre la maladie qui le minait, sans perdre de vue un seul instant l'accomplissement de sa mission. La veille même de sa mort, malgré sa vive tendresse pour sa mère à laquelle il avait toujours caché son état, il refusait encore de rentrer en France pour rétablir sa santé.

La ligne de Cayenne à Kourou fonctionnait au mois de mars 1875, et était complétée, peu de temps après, par l'immersion d'un câble dans la rivière. Il s'agissait alors de prolonger cette communication jusqu'à Sinnamary et plus tard jusqu'aux frontières septentrionales de la Guyane.

Au cours de ses explorations et de ses travaux toujours pénibles, souvent dangereux, Raybois était soutenu par l'affection qu'il avait su inspirer à tous les officiers et fonctionnaires de la colonie et par les encouragements bienveillants de ses chefs.

Le 1er janvier 1875, l'Administration métropolitaine lui conférait le grade de chef de station. Dès les premiers jours de 1876, le gouverneur, dans un rapport élogieux, constatait que Raybois avait deux fois exposé sa vie pour mener à bien l'œuvre qui lui était confiée.

Au mois de novembre de la même année, le journal officiel de la colonie publiait la note suivante : « ..... Les travaux de « prolongement de la ligne télégraphique entre Kourou et « Sinnamary sont achevés.

« A cette occasion, le chef de la colonie a fait adresser à « M. Raybois un témoignage officiel de sa satisfaction pour le « dévouement dont il a fait preuve et la rapide impulsion qu'il « a imprimée à ces travaux, dont l'exécution présentait de « sérieuses difficultés nées de la situation même des lieux. »

Au mois de janvier 1877, Raybois était nommé chef de transmission de 1re classe. — Le 3 février, le *Moniteur de la Guyane* contenait une lettre du ministre de la marine le félicitant « pour le zèle, le dévouement et l'activité déployés par lui dans la conduite des travaux... »

Enfin, si nous sommes bien renseigné, une carte des côtes

de la Guyane en cours d'impression portera, parmi les dénominations nouvelles, la *Pointe Raybois*, comme témoignage de l'amitié et de l'estime que les officiers de la marine avaient conçues pour notre cher et regretté collègue.

Nous terminerons cette notice par un dernier extrait du journal officiel de la Guyane française, heureux si ces lignes consacrées à la mémoire de Raybois, peuvent apporter quelqu consolation à la douleur de tous les siens et à la peine profonde que sa perte vient de causer à ses nombreux amis :

« Le dimanche 15 avril 1877, à l'île Saint-Joseph, le mê m « cortége, douloureusement impressionné, qui venait de « rendre les derniers devoirs à M. de Gontaut-Biron, s'avança « vers une autre tombe. Il avait à rendre les mêmes honneurs « funèbres à M. Raybois, chef du service télégraphique à la « Guyane, décoré de la médaille militaire, décédé à l'île « Royale le même jour.

« Le directeur du service pénitentiaire adressa les paroles « suivantes au fonctionnaire et à l'ami :

« Messieurs,

« En l'absence d'un représentant du corps auquel appa r « tient notre camarade et ami Raybois, qu'il me soit permi « de lui dire un dernier adieu.

« L'émotion que j'éprouve est bien grande. A peine une tombe « se ferme-t-elle qu'une autre s'ouvre, car la mort s'appe- « santit depuis quelque temps avec une extrême rigueur sur « les fonctionnaires de la colonie. Ainsi que l'exprimait, il y « a peu d'instants, Mgr le préfet apostolique dans un magni- « fique langage, devant une tombe encore ouverte, la mort est « toujours amère, et quoique Raybois n'ait pas été atteint par « la terrible maladie qui nous étreint, sa mort ne nous laisse « pas moins dans le cœur de vifs et profonds regrets.

« Lorsque l'établissement d'une ligne télégraphique fut dé- « cidé, le gouvernement demanda un fonctionnaire intelli- « gent, énergique et dévoué. Raybois fut envoyé à la Guyane « comme un des employés les plus distingués de son corps et « comme un fonctionnaire d'avenir. — Dès le commencement « des travaux entre Cayenne et Kourou, il eut à subir l'in- « fluence du climat, il résista avec une énergie remarquable

« aux premières atteintes du mal. Marchant devant lui comme « un soldat, il n'a suspendu ses travaux que vaincu par de « nouvelles attaques. Trente mois ont suffi pour vaincre cette « indomptable volonté, et Raybois, que la mort avait épargné « en 1870 sur le champ de bataille, pendant qu'il était attaché « à la télégraphie de l'armée, est mort à la peine, repoussant « hier encore, alors qu'il allait mourir, la pensée de rentrer « en France avant d'accomplir sa mission.

« Comme fonctionnaire, la mort de Raybois sera profondé- « ment sentie par son corps. Comme homme elle le sera à un « égal degré pour ceux qui l'ont approché et qui ont connu « ses éminentes qualités. Adieu, Raybois, adieu. »

ESCHBAECHER.

BULLETIN ADMINISTRATIF.

Service télégraphique de la Cochinchine et du Cambodge.

(Extrait du rapport de M. Demars, chef du service, daté de Saïgon, 28 mars 1877.)

Les câbles du Ham-Luong (1.400 mètres), ligne de Bentré à Traving; du Rach-Chaudoc, ligne de Chaudoc à Pnumpenh (200 mètres), et de Trémac (1.800 mètres), ligne de Pnumpenh à Tayninh, ont été remplacés. Les opérations d'immersion ont été effectuées au moyen de la canonniére télégraphique *le Glaive*.

Le service télégraphique a été visité dans le courant de janvier par M. le commissaire général de la marine Jore, inspecteur en chef de tous les services civils et militaires de la colonie. Cet officier général termine ainsi son rapport d'inspection :

« Le service télégraphique est dirigé avec beaucoup d'ordre et de soin; j'estime que l'on doit continuer les errements adoptés qui donnent des résultats très-satisfaisants. Ce service fonctionne bien dans son ensemble, et l'on remarque dans toutes les parties du travail les efforts les plus louables (efforts couronnés de succès) pour en assurer la bonne et régulière exécution. »

Cambodge. — Au Cambodge, le prétendant Sivotha ayant, dans une surprise, défait l'Obbarach (2e roi), l'insurrection a pris rapidement, dans ce royaume, une certaine extension. Ces troubles, à notre frontière, arrêtant toutes les transactions commerciales, l'amiral-gouverneur a envoyé 4 canonnières dans le grand fleuve et 3 compagnies d'infanterie de marine, commandées par un chef de bataillon. Cette colonne française a renforcé les troupes du roi Norodon. Après 15 jours de marches forcées et pénibles, Sivotha a été atteint, battu et ses partisans dispersés; mais il a pu s'échapper. On le dit réfugié au Laos. Le roi Norodon ayant amnistié ses sujets rebelles, le pays paraît devoir rentrer dans le calme. On a

transmis pendant cette période, jour et nuit, un nombre considérable de télégrammes. L'amiral-gouverneur a bien voulu exprimer sa satisfaction de la marche du service. La ligne de Pnumpenh a Saïgon par Tayninh, qui traverse complétement les pays insurgés par Sivotha, n'a pas été endommagée un seul instant, et cependant le parcours de cette ligne a été fait comme à l'ordinaire par les aides-surveillants annamites. Ces agents ont pu travailler sans être inquiétés. Les chefs cambodgiens rebelles s'assuraient seulement, par l'examen de leurs outils, qu'ils appartenaient bien au télégraphe. Il semblerait qu'une crainte superstitieuse protège nos lignes chez ce peuple, dont l'esprit est enclin au surnaturel.

Câbles sous-marins. — Le câble de Wladivostock à Nangasaki a été interrompu du 19 au 26 décembre;

Celui de Shanghaï à Nangasaki, du 30 décembre au 1er janvier.

Le câble du cap Saint-Jacques à Hongkong a été interrompu du 18 février au 7 mars, le dérangement existait à 600 milles environ du cap. Pendant la durée de l'interruption, les télégrammes à destination de Hongkong et des stations au nord ont été expédiés à Saïgon par toutes les occasions de vapeurs.

Le câble de Singapore à Batavia n'a pas fonctionné du 28 février au 5 mars.

Afin d'assurer, en cas d'interruption du câble de Penang à Madras, la communication avec l'Europe, la compagnie Eastern Extension Telegraph s'occupe de l'immersion d'un nouveau câble entre Penang et Rangoon. Le vapeur *Kangoroo* est arrivé de Londres, ayant à bord une portion de ce conducteur. On attend un deuxième vapeur, l'*Hibernia*, pour commencer la pose.

Service télégraphique de la Nouvelle-Calédonie.

(Extrait des rapports de M. Lemire, chef du service, en date des 16 janvier et 19 février 1877.)

La colonie comptait, au 31 décembre 1874, sept bureaux télégraphiques, dont quatre ouverts dans le courant de l'année.

Au 31 décembre 1876, elle possède quinze bureaux, dont huit ouverts dans l'année :

Le bureau de	Nouméa	ouvert le	13 juillet 1874.
—	Ducos,	—	13 juillet 1874.
—	Païta,	—	16 septembre 1874.
—	Bouloupari,	—	6 mai 1875.
—	Bonraké,	—	18 octobre 1876.
—	Uaraï,	—	16 août 1875.
—	Bourail,	—	16 août 1875.
—	Gomen,	—	23 septembre 1876.
—	Oengoa,	—	9 août 1876.
—	Balabaoum (bouches du Diahot), ouv. le 1er déc. 1876.		
—	Oubatche,	ouvert le	7 juillet 1876.
—	Houaïlou,	—	3 mai 1876.
—	Canala,	—	23 août 1875.
—	Ile Nou,	—	15 mars 1876.
—	Wagap,	—	13 mai au 18 juin.
—	La Dumbéa,	—	11 mars 1876.

Statistique comparée.

	En 1874.	En 1875.	En 1876.
Dépêches officielles de départ.......	282	2.698	9.059
— privées —	51	1.603	7.170
— relatives au service télégraphique	15	711	1.200
Totaux des transmissions......	348	5.012	17.429
Différence en plus en 1876.........	12.417		

	En 1874.	En 1875.	En 1876.
	fr.	fr.	fr.
Taxes des dépêches officielles.......	1.119,00	12.185,00	56.033,65
— privées........	109,00	5.065,65	25.082,80
Totaux des produits........	1,228,00	17.250,65	81.116,45
Différence en plus en 1876........	63.865f,80		

Au 31 décembre 1875, il existait 690 kilomètres de lignes électriques; 355 kilomètres ont été mis en exploitation en 1876, ce qui, avec les constructions en cours, porte l'étendue du réseau à près de 1.100 kilomètres.

Les lignes projetées sont celle de la baie du Sud passant par le pont des Français et celle de l'île des Pins, comprenant trois ou quatre bureaux.

La demande faite par les compagnies minières de relier Thio au réseau, et d'autre part la réduction des tarifs et l'accroissement des dépêches qui doit en résulter ont motivé le doublement du réseau au moyen d'un nouveau fil de Canala à Nouméa par Thio, de l'installation d'un second appareil et d'un second agent dans les principales stations, de telle sorte que de Nouméa au nord deux dépêches puissent être mises en transmission à la fois.

. . . .

Le bureau de Thio a été relié, le 8 février, à Bouloupari, et le 18 février à Canala. On pose le second fil de Bouloupari à Nouméa.

Service télégraphique de la Guyane française.

Les détails suivants sur le degré d'avancement de la ligne télégraphique qui doit relier la ville de Cayenne à Saint-Laurent-du-Maroni sont extraits d'un rapport officiel daté de Cayenne 12 avril 1877 et communiqué par le département de la Marine.

Au 2 novembre dernier, la pose des fils était parvenue jusqu'à Malmanoury, point situé à 74 kilomètres du chef-lieu. Ce n'était pas sans quelques sérieuses difficultés à vaincre : le passage de marécages dangereux et le franchissement de deux rivières considérables et animées de très-forts courants.

Une commission, sous la présidence de M. Godebert, directeur du service pénitentiaire, s'était transportée successivement à Sinnamary, à Iracoubo et à Mana, dans le but d'apprécier les meilleures dispositions à prendre pour répartir les

ateliers, assurer leur ravitaillement et attaquer ces parties moins connues du territoire.

Les obstacles n'étaient pas infranchissables jusqu'à Organabo. Ce sont des espaces coupés de bois et de marécages, dont les rivières sont connues et suffisamment fréquentées. On pouvait marcher sans hésitation ; mais, à partir d'Organabo s'étendent des solitudes, où la ligne des faîtes s'accentue et où les pris-pris paraissent s'étaler en masses plus profondes et plus perfides.

Les anciennes traces qui pénètrent ce massif inconnu ont été peu à peu abandonnées, et il est aujourd'hui à peu près impossible de trouver dans les populations limitrophes un guide qui ait tenté la traversée de cette étendue.

C'était une voie nouvelle à ouvrir. Le service pénitentiaire n'a pas hésité un seul instant devant ces profondeurs inhabitées, que la légende populaire considère comme l'asile impénétrable des animaux les plus féroces de la colonie et de reptiles plus dangereux encore.

De Malmanoury à Sinnamary, les fils ont été rapidement posés, et à la date du 1er décembre 1876, cette dernière rivière était déjà heureusement traversée.

On a profité, pour opérer l'immersion du câble, d'une mission de l'aviso à vapeur le *Serpent*.

A Sinnamary, un bureau télégraphique a été constitué. Il met en rapport avec Cayenne un des quartiers aurifères les plus importants de la colonie. L'échange des dépêches a donné lieu à des recettes dont le chiffre ne manquera pas de prendre un développement proportionné au mouvement des affaires.

Après cette opération, les ateliers ont été divisés et répartis sur 3 points différents.

L'atelier n° 1 devait marcher de Sinnamary sur Iracoubo. Le chemin était tracé; il ne s'agissait plus que de le déboiser et de l'élargir sur un parcours de 40 kilomètres.

L'atelier n° 2 partait d'Iracoubo, dans la direction d'Organabo et de Mana.

Là, le sentier circule sous bois pendant 3 kilomètres au plus et se change jusqu'à Organabo, à travers de vastes savanes marécageuses, en une trace peu fréquentée. On ne peut s'avancer qu'avec un guide. Après Organabo commencent les es-

paces déserts inconnus où il faudra pénétrer à l'aventure, n'ayant, comme en pleine mer, d'autre direction que l'aiguille intelligente de la boussole.

L'atelier n° 3 a eu Mana pour point de départ. Il s'avance à contre-sens des autres ateliers, ayant Organabo pour orientation générale. Ici, on entame immédiatement la partie inconnue, et l'on va, sans aucune notion des difficultés locales, en relevant une trace depuis longtemps perdue, sous le vert réseau de la végétation tropicale. Il est aisé de comprendre combien, dans ces régions incultes, la marche doit être semée d'obstacles imprévus. Les marécages abondent. Ce sont des contours incessants, d'interminables circuits. Aussi la progression est-elle lente, quoique l'atelier soit dirigé par des agents sur l'intelligence et l'activité desquels on puisse compter.

Il faut dire également que sur ces terrains nouveaux la marche a besoin d'être éclairée par des reconnaissances qui ont déjà pénétré très-loin et qui prennent beaucoup de temps.

On espère que le prochain rapport annoncera que la ligne est terminée jusqu'à Organabo et fera connaître les premiers résultats de la percée dans le massif inconnu qui s'étend entre ce dernier point et Mana. Si le succès couronne ces efforts, on aura alors effectué une des parties les plus difficiles du travail. Aucnn obstacle insurmontable ne sera plus à redouter, et il sera possible de prévoir, à coup sûr, l'époque où sera définitivement établie cette ligne qui doit avoir pour l'avenir de la Guyane une influence si décisive.

Le Gérant : Dunod. — Imprimerie Arnous de Rivière, 26, rue Racine.

ANNALES

TÉLÉGRAPHIQUES

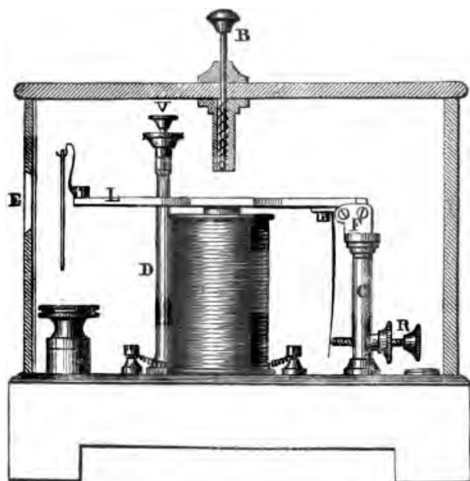
Année 1877 Juillet-Août

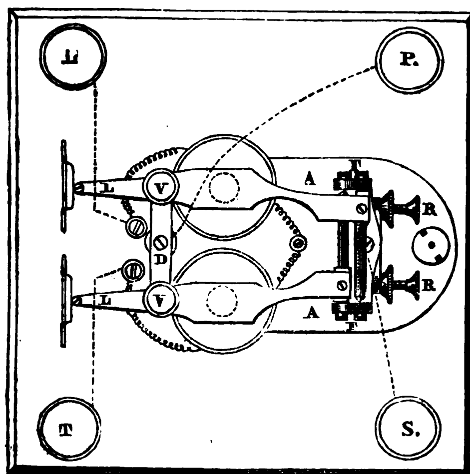
INDICATEUR D'APPEL.

Lorsque deux bureaux municipaux sont desservis par un même fil, ce qui est le cas général, il importe que le poste de dépôt avec lequel ils sont en relation puisse facilement distinguer leurs appels respectifs, et soit ainsi averti d'employer, pour répondre, le courant positif ou négatif qui convient à chacun d'eux. La distinction des appels peut être obtenue au moyen de conventions établies à l'avance, et réglant soit la durée des contacts, soit la série d'interruptions successives propres à chaque bureau. Mais il a été reconnu dans la pratique que ces moyens sont le plus souvent insuffisants. L'indicateur d'appel représenté dans la figure et construit aux ateliers de l'administration sur les indications de M. Lorin, fournit une solution simple de cette question, et son emploi a donné jusqu'ici de bons résultats.

Il se compose essentiellement d'un électro-aimant système Hughes, dont l'armature est formée de deux pa-

lettes indépendantes placées respectivement au-dessus de chaque pôle. Lorsque les bobines sont traversées par





un courant positif, l'aimantation produite par l'aimant fixe est diminuée dans l'un des noyaux, tandis qu'elle

augmente dans l'autre. Une seule des palettes est donc soulevée par l'action de son ressort antagoniste. Le passage du courant négatif produit le même effet sur l'autre palette. Le soulèvement de l'une ou l'autre palette indique ainsi duquel des deux correspondants provient l'appel.

L'aimant fixe A est incrusté dans le socle de la boîte qui contient l'appareil. Les bobines sont placées verticalement au-dessus des pôles de cet aimant. Une colonne C, communiquant avec la borne S (sonnerie) supporte les vis de réglage RR des ressorts antagonistes et une fourchette FF entre les branches de laquelle sont placés les deux axes de rotation des palettes. Une deuxième colonne D placée en avant des électro-aimants et reliée à la borne de pile P, porte à la partie supérieure une tringle métallique horizontale dont les extrémités sont traversées par les vis VV contre lesquelles viennent buter les palettes. Celles-ci sont prolongées au delà des pôles de l'électro-aimant, par des lames de cuivre LL, supportant à leur extrémité un petit tableau très-léger disposé pour recevoir les noms des bureaux correspondants. —Lorsque l'une des palettes est soulevée, ce petit tableau est entraîné et fait apparaître à travers une fenêtre E, pratiquée dans la boîte, le nom du bureau d'où émane l'appel. En même temps, la palette appuyant sur la vis V, le courant de la pile P fait fonctionner la sonnerie. L'appel se prolonge jusqu'à ce qu'on ramène la palette à sa position normale, en pressant sur les boutons extérieurs B disposés comme ceux du rappel au blanc dans les récepteurs à cadran.

OBSERVATIONS

SUR

LES PILES CALLAUD ET MARIÉ-DAVY.

Les observations que j'ai faites sur les piles en usage au bureau d'Épernay attribuent une durée extraordinaire à la pile de Marié-Davy.

Il y a au bureau d'Épernay :

2 piles Callaud, { l'une de 30 éléments. l'autre de 20 — } Total 50 éléments.

2 piles M. Davy, de 25 éléments chacune. Total 50 —

montées le 1er février 1873, date d'installation du bureau dans le local actuel.

Le prix de revient de l'un et l'autre système est établi dans les tableaux suivants :

	CALLAUD (1).				MARIÉ-DAVY (2).		
	Quantité.	Prix de l'unité.	Total.		Quantité.	Prix de l'unité.	Total.
		fr.	fr.			fr.	fr.
Vases en verre. . .	50	0,36	18,00	Vases en verre. . .	50	0,12	6,00
Zincs.	50	0,74	37,00	Vases poreux. . . .	50	0,11	5,50
Sulfate de cuivre. .	8 k.	0,78	6,24	Zincs M.-Davy. . .	50	1,42	71,00
	Total. . .		61,24	Sulfate de mercure.	5 k.	6,00	30,00
					Total. . .		112,50

La différence est donc de 51f.26 en faveur de la pile Callaud.

Mais cet avantage de premier ordre disparaît devant les frais d'entretien qui sont donnés, pour les deux piles, dans les tableaux ci-dessous :

Consommation ou entretien des deux systèmes, du 1er février 1873 au 1er octobre 1876.

	CALLAUD (3).				MARIÉ-DAVY (4).		
	Quantité.	Prix de l'unité.	Total.		Quantité.	Prix de l'unité.	Total.
		fr.	fr.			fr.	fr.
Vases en verre.. . .	6	0,36	2,16	Vases en verre. . .	»	»	»
Zincs.	87	0,74	64,38	Vases poreux. . . .	»	»	»
Sulfate de cuivre. .	160 k.	0,78	124,80	Zincs M.-Davy. . .	2	1,42	2,84
	Total. . .		191,34	Sulfate de mercure.	»	»	»
					Total. . .		2,84

d'où

50 Callaud.	Installation. . .	61f,24	Total. . . .	252f,58
	Entretien.. . . .	191 ,34		
50 M.-Davy	Installation. . .	112f,50	Total. . . .	115f,34
	Entretien.. . . .	2 ,84		
Différence en faveur de la pile Marié-Davy. .				137 ,24

Tous ces chiffres ont pour base la consommation mensuelle portée au carnet du matériel pour la période indiquée.

Je ferai remarquer que celle de la pile Callaud, bien que forte, n'a rien d'exagéré.

En effet, les 160 kilogrammes de sulfate représentent une consommation moyenne mensuelle de 3k,636 grammes pour 50 éléments.

Celle des zincs est en moyenne de 2 par mois.

Pour la même période, la pile Marié-Davy n'a consommé

ni *vases en verre*, ni *vases poreux*, ni *sulfate de mercure*, ainsi que l'indique le tableau d'entretien n° 4.

Après avoir établi les prix de revient et d'entretien des deux systèmes, je crois devoir rappeler les soins que l'un et l'autre exigent :

1° *Pile Callaud.*

Montage ou renouvellement.

1° Préparer, *redresser*, etc., les crochets des zincs. (Cette opération du redressage ne se fait pas sans qu'on en casse quelques-uns.)

2° S'assurer que l'enveloppe de gutta-percha de la tige de cuivre ne présente aucune solution de continuité.

3° Graisser la partie supérieure des verres. (Cette opération est *généralement négligée*. A mon avis, elle est *plus ennuyeuse qu'utile*.)

4° Placer les éléments de manière qu'ils ne se touchent pas. — Ceci, du reste, doit se faire pour toutes les piles; mais le groupement n'est pas toujours facile dans certains meubles à cause des crochets des zincs.

Entretien.

1° Ajouter régulièrement des cristaux de sulfate. (Opération hebdomadaire, et grandes précautions pour ne pas troubler le liquide.)

2° Maintenir celui-ci à la hauteur normale, mais il faut, si l'on veut se conformer strictement aux prescriptions, enlever l'eau saturée de zinc avant d'en remettre de l'autre.

3° Enlever les cristaux de sulfate de zinc qui se déposent sur les verres.

4° Le cuivre métallique mis en liberté et qui reste suspendu à la partie inférieure du zinc doit être aussi enlevé.

J'ai tenté plusieurs fois cette opération, mais sans succès, et voici pourquoi : *Il est rare* que ce cuivre prenne de la dureté à l'endroit où il se dépose, et, lorsque cette houppe a acquis un certain poids, *elle tombe d'elle-même au fond du vase*, à plus forte raison, si l'on tente de l'enlever, car le moindre contact la précipite. Au bout de quelques mois, il y a donc au fond des verres une boue cuivreuse, mêlée (mais un peu plus tard) à des parcelles de zinc qui se détachent et qui sont vite réduites, ainsi qu'aux cristaux de sulfate que l'on ajoute, et enfin aux impuretés de ce sel mises en liberté au fur et à mesure de sa décomposition.

La production des sels de zinc a été extraordinaire à partir du 8[e] mois. J'en ai recueilli près d'un kilogramme sur 30 éléments pendant les quatre derniers mois.

Lors de la précédente réfection (août 1875), j'avais fait graisser 10 vases sur 30 dans les conditions indiquées. J'ai constaté qu'ils avaient été envahis par les sels de zinc presque aussi vite que ceux qui n'avaient pas subi cette opération, que je néglige depuis complétement.

En général on a une tendance à mettre trop de sulfate à la fois.....

Chaque semaine (*toujours le même jour*), je fais ajouter dans chaque élément la même quantité. Les autres opérations d'entretien se font aussi le *même jour*.

En faisant observer rigoureusement les prescriptions ci-dessus, je crois pouvoir assigner aux piles Callaud une durée de 18 mois.

Jusqu'aujourd'hui la réfection complète a toujours été nécessaire au bout d'un an, non par suite du défaut d'intensité, mais à cause des dépôts qui garnissent les vases, les zincs et de la réduction d'une grande partie de ceux-ci (*).

Je dis que la réfection est nécessaire, non par suite du manque d'intensité. En effet, une pile complétement refaite m'a donné, après 8 jours, une intensité *identique* à celle de l'ancienne, intensité prise la *veille du démontage*.

J'ai cru devoir entrer dans tous ces détails d'entretien de la pile Callaud pour mieux faire ressortir la différence des mêmes opérations avec celle de Marié-Davy, et pour

(*) A la réfection faite cette année, six vases en verre contenaient des dépôts *adhérents*. Je les considérais comme hors de service; mais j'ai pu les enlever sans craindre de briser les verres en employant un moyen très-simple que je crois devoir indiquer : *Placer le vase renversé verticalement dans un seau rempli d'eau, le laisser ainsi jusqu'à ce que le dépôt tombe.*

en conclure que la première exige des soins *multiples* et *incessants.*

Pile Marié-Davy.

Les deux groupes de ce système *n'ont pas été changés.* Ils desservent 12 municipaux et le bureau limité de Sézanne *depuis le* 1er *février* 1873.

Ces deux piles sont donc en service depuis 44 mois et *n'ont dépensé que de l'eau.* (Les deux zincs portés au tableau d'entretien avaient la queue rompue au point de soudure : charbons et zincs sont intacts.)

Le 1er septembre dernier, l'un des groupes avait perdu en intensité 2° depuis un an.

L'autre m'en a donné une identique à celle de l'année précédente.

Le fil 148 *bis* est desservi par le groupe Callaud de 30 éléments. Le 6 octobre dernier, je lui ai substitué momentanément l'un des groupes Marié-Davy : Paris a reçu comme avec sa pile habituelle.

Je dois dire que le sel qui a été employé en 1873 est d'une qualité supérieure.

Toutes les piles montées avec le sulfate actuellement fourni ont très-peu de durée. L'intensité, bonne au début, ne se maintient pas. Je pourrais en citer une qui a dû être refaite au bout de 3 mois.

Je ferai remarquer qu'il y a du *mercure libre dans tous les vases poreux*, que la pâte est dans presque tous *extrêmement liquide*, et qu'elle est *recouverte d'une petite couche d'eau* que je n'ai pas cru devoir enlever.

Autre remarque : Les zincs ne paraissent pas attaqués, et il n'y a pour ainsi dire pas de dépôt sur leurs parois internes et externes.

L'entretien capital est l'enlèvement, dès qu'ils se produisent, des sels grimpants qui se déposent sur les tiges des zincs principalement au point de soudure avec le charbon. Dès que ce dépôt a acquis une certaine épaisseur, l'action corrosive commence, et la queue est vite rompue malgré le vernis qui la recouvre.

— Avoir soin de *maintenir toujours* le niveau de l'eau à la hauteur des zincs.

Je fais un essai sur un certain nombre de tiges. Comme il ne date que de quelques semaines, le résultat obtenu ne saurait être concluant.

Toutefois, jusqu'aujourd'hui j'ai empêché le dépôt des sels sur les tiges en expérience. Je suis donc certain de *le retarder*. La dépense serait à peu près nulle. Si le résultat est favorable, je m'empresserai d'en rendre compte.

J'aurais désiré pouvoir indiquer à quelles causes devait être attribuée la durée extraordinaire de la pile Marié-Davy. Je n'ai pu les déterminer d'une façon précise.

Je crois pourtant pouvoir les attribuer en grande partie (sans toutefois rien affirmer) :

1° A la qualité du sel (fourniture de 1873);

2° A l'eau employée (eau de la pompe de la maison);

3° A un entretien très-régulier (généralement trop négligé, à mon avis, sous prétexte que cette pile *n'en demande pas*).

C. Bouquilliard,
Chef de transmission.

COMPARAISON

DES

PILES AU SULFATE ET AU BICHLORURE DE CUIVRE.

Le 26 janvier 1876, j'ai monté au bureau de Lille une pile de 40 éléments, modèle Callaud, en remplaçant le sulfate de cuivre par du bichlorure de cuivre CuCl, et en même temps une pile de 40 éléments Callaud au sulfate de cuivre pour servir de point de comparaison.

J'ai mesuré la résistance intérieure de ces piles par deux méthodes : par celle de sir W. Thomson et par celle de Lat. Clark. Ces deux procédés m'ayant donné les mêmes résultats numériques, j'ai quelquefois employé seulement la méthode de Lat. Clark plus expéditive que l'autre.

La résistance intérieure étant connue, j'ai constaté les variations de force électromotrice de chaque pile en faisant passer le courant dans une boussole de sinus en intercalant une bobine de résistance connue. La loi de Ohm permettait de tirer des déviations les variations de force électromotrice. Comme vérification, je comparais chaque fois les forces électromotrices des deux piles par la méthode d'opposition.

Les expériences faites ainsi sur ces deux piles à différentes époques m'ont fourni les résultats renfermés dans le tableau suivant. J'ai désigné par 100 la force électro-

motrice initiale des 40 éléments Callaud. La résistance intérieure est exprimée en unités Siemens.

DATES.	PILE AU SULFATE.		PILE AU BICHLORURE.	
	E	R	E	R
26 janvier......	100	1300	88	370
29 —	98	1000	90	290
4 février......	96	700	86	260
12 —	99	460	89	330
16 —	100	420	89	400
25 —	100	370	84	500

On voit que la force électromotrice de l'élément au bichlorure est à peu près 7/8 de celle du Callaud et que la résistance est tout d'abord celle qu'on donne en moyenne au Callaud (9ᵉ,25).

Ces deux piles étaient mises alternativement chacune pendant une semaine sur les fils de Londres et de Boulogne. Au bout d'un mois, la pile au bichlorure très-affaiblie dut être retirée du service. Après quelques jours de repos et un nettoyage complet (zincs grattés, cuivres décapés, etc.), elle fut remise en service; mais au bout de peu de temps elle était retombée au même point, et elle en arriva à avoir une résistance égale à 900 unités et une force électromotrice réduite à 77.

On pouvait croire que ces résultats peu satisfaisants tenaient soit à l'impureté du produit, soit à une autre cause accidentelle. Le 31 mai, une nouvelle pile de 40 éléments fut montée avec du bichlorure dont la pureté chimique avait été vérifiée. La pile Callaud montée le 26 janvier avait toujours bien fonctionné et venait d'être nettoyée et regarnie de sulfate.

Voici les résultats des mesures faites sur ces piles du 31 mai au 3 juillet :

DATES.	PILE AU SULFATE.		PILE AU BICHLORURE.	
	E	R	E	R
31 mai.	102	200	89	250
6 juin.	98	185	84	295
22 —	99	180	76	535
3 juillet.	100	180	74	645

La pile au bichlorure avait donc baissé encore plus vite que la première fois. Il est vrai que les éléments montés le 26 janvier contenaient chacun 100 grammes de sel et ceux montés le 31 mai n'en renfermaient chacun que 50 grammes.

Contrairement à ce qui se passe dans la pile Callaud où la résistance va toujours en diminuant, dans l'élément au bichlorure de cuivre, la résistance à partir d'un certain moment suit une marche croissante ; et c'est là, bien plus que la diminution de force électromotrice, la cause probable de l'affaiblissement du courant.

Voici comment on pourrait expliquer cette différence dans les deux piles :

Dans la pile Callaud, le sulfate de cuivre, relativement peu soluble reste au fond et la partie supérieure est formée d'eau à peu près pure, ce qui donne à l'élément neuf une grande résistance. Peu à peu cette eau se charge de sulfate de zinc et devient conductrice.

Dans l'autre pile, au contraire, le bichlorure très-soluble et déliquescent se répand presque immédiatement dans tout le liquide. Mais au fur et à mesure que la pile fonctionne, le bichlorure se décompose ; il se forme un sel presque insoluble qui va au fond du vase et le liquide de moins en moins saturé devient de plus en plus résistant.

Ce précipité a été analysé. Dans quelques éléments,

c'était un sous-chlorure presque pur, dans d'autres l'oxychlorure de cuivre dominait.

Ce précipité se réduit d'ailleurs peu à peu, et quand la pile est complétement épuisée, on trouve au fond des vases une poudre de cuivre métallique ; il n'y a presque pas de dépôt de cuivre sur la plaque formant le pôle positif.

Les réactions chimiques semblent donc être celles-ci : d'abord une partie du chlore du bichlorure s'unit au zinc ; il se forme du chlorure de zinc et du sous-chlorure de cuivre insoluble. La décomposition de l'eau sous l'influence du courant peut donner lieu en même temps à de l'oxyde de zinc qui, en présence des chlorures de zinc et de cuivre, produit des oxychlorures de zinc et de cuivre. Enfin l'hydrogène provenant de cette décomposition réduit les sels insolubles qui sont autour du pôle positif, de sorte que finalement on obtient comme résidu une grande proportion de cuivre pur.

Comme propreté la pile au bichlorure est de beaucoup supérieure à la pile Callaud. Elle n'a présenté aucune trace de sels grimpants sur les vases de verre. Cela se comprend facilement. D'abord une grande partie du sel de cuivre se trouve précipitée, et ensuite le chlorure de zinc est très-soluble dans l'eau et il en faudrait une quantité considérable pour saturer le liquide.

Quant au dépôt de cuivre sur le zinc, il se produit à peu près comme dans la pile Callaud. Seulement le cuivre déposé, au lieu de former une poudre brune, présente l'aspect métallique. Il est aussi plus adhérent ; ce qui rend plus difficile le grattage des vieux zincs qu'on veut faire servir de nouveau.

Une certaine quantité d'oxychlorure se dépose aussi sur les parois des vases de verre, et en rend assez difficile le nettoyage.

H. Cailleret.

LES APPLICATIONS DU NICKEL

AUX APPAREILS ÉLECTRIQUES.

Au commencement de 1875 eurent lieu, en Nouvelle-Calédonie, des découvertes de gisements de nickel aussi importants que riches. Dès 1863, l'ingénieur des mines, J. Garnier, avait trouvé quelques indices de ce minerai ; mais on ne supposait pas alors qu'il fût si abondant. Aujourd'hui l'exploitation des mines se fait sur une grande échelle, et des hauts fourneaux pour le traitement du minerai vont être construits sur plusieurs points de la colonie. La consommation annuelle de nickel n'atteint pas actuellement 1.000 tonnes laborieusement et chèrement amassées de la Suède, de la Norwége, de l'Allemagne et de l'Amérique. Dans ces pays, le minerai est un arséniure, ce qui nuit à la malléabilité du métal. En Calédonie, c'est un composé de silice et d'oxyde de nickel, répandu tantôt dans une terre ferrugineuse, tantôt dans la serpentine. Il est absolument exempt d'arsenic, très-malléable, et se travaille facilement.

Les quantités fournies jusqu'à ce jour sont évaluées à 2.000 tonnes en quatorze mois, exportées en Europe. Il n'y a pas plus de sept à huit fonderies en Europe, et l'on voit cependant que ce métal n'est plus seulement abordable par les fabricants d'instruments scientifiques, mais va tomber dans le domaine des applications industrielles à bon marché. Nous ne saurions donc trop recommander aux fondeurs français de se préoccuper de cette nouvelle acquisition. Il résulte d'expériences faites au labo-

ratoire de chimie du service des mines à Nouméa, que le mode d'essai en usage dans l'industrie pour les minerais de fer (addition de calcaire aux minerais siliceux et fusion dans un creuset brasqué) convient également aux minerais oxydés de nickel; qu'en conséquence tout fait supposer que le traitement économique, appliqué en grand aux minerais de fer, sera applicable aussi au nickel. Le résultat déjà obtenu suffit pour établir d'une manière incontestable la grande supériorité des minerais oxydés sur les minerais sulfurés, les seuls jusqu'à ce jour traités en Europe. Or la Calédonie peut fournir de 400 à 500 tonnes par mois. Si elle construit les hauts fourneaux, elle livrera le métal à 15 fr. le kilogr. au lieu de 30 fr., et à raison de 100 kilogr. de métal par tonne de minerai valant 1.000 fr.

L'Académie des sciences de Paris a eu sous les yeux des objets en nickel et du minerai. MM. Daubrée, Paul Christofle, Henri Bouiller, le général Morin, se sont occupés de la question. Pour nous, nous devons nous borner à signaler le parti que l'on pourrait tirer de ce métal pour les applications de l'électricité.

Il peut s'obtenir pur; il est, comme le fer, attirable par l'aimant, bien qu'à un moindre degré; il a la ténacité et la ductilité du fer; il ne s'oxyde que difficilement à l'air humide et conserve son éclat métallique d'un blanc gris. Voici le résumé des expériences faites jusqu'ici sur les deux principales qualités du nickel :

« L'inaltérabilité à l'air humide est la cause immédiate de la faveur dont jouit en ce moment ce métal, faveur qui paraît du reste devoir durer. Les méthodes galvanoplastiques, qui ont rendu de si grands services à l'industrie, permettent d'en déposer une couche plus ou moins épaisse à la surface des objets ou instruments de fer,

d'acier ou de cuivre, qui participent dès lors des immunités du métal qui les recouvre.

« On a commencé par en recouvrir les instruments de chirurgie, constamment menacés par la rouille. Les anatomistes qui ont quelquefois disséqué au bord de la mer savent avec quelle rapidité désespérante s'altèrent les scalpels et les ciseaux au contact de l'eau salée, quelle peine on éprouve à leur conserver un poli qui est cepenpendant souvent indispensable. Les instruments nickelés n'ont pas cet inconvénient, et méritent, en conséquence, d'être recommandés.

« Mais le nickel est sorti de ce domaine encore scientifique. L'industrie parisienne a mis en vente toutes sortes d'objets nickelés et même des objets platinés où le platine n'était en réalité que du nickel.

« Voici qu'une autre propriété du nickel, celle d'être magnétique, c'est-à-dire attirable par l'aimant, combinée avec l'inaltérabilité dont nous venons de parler, est sur le point de donner à ce métal d'autre débouchés.

« La pièce principale des boussoles marines est, comme on sait, une aiguille d'acier aimantée. M. Duchemin a proposé récemment de remplacer cette aiguille par une série d'anneaux d'acier concentriques, et a obtenu de bons résultats ; mais qu'on emploie de tels anneaux ou une aiguille, du moment que la boussole est en acier, elle court en mer le risque de s'oxyder, ce qui peut modifier notablement ses propriétés magnétiques.

« Pour les rendre inaltérables, M. Duchemin a imaginé de recouvrir de nickel les anneaux de sa boussole, et il a pu démontrer les avantages de sa méthode, en confiant à un navire de l'État, *la Creuse*, un de ses instruments dont tous les anneaux, sauf deux, étaient nickelés. Ces deux derniers se sont trouvés, au retour, complétement

attaqués par la rouille, tandis que les autres avaient conservé tout leur poli.

« Le nickel étant magnétique comme le fer, l'aimantation des anneaux s'effectue du reste sans aucune difficulté. »

En présence de ce succès, M. Ernest Saint-Edme, professeur de physique à l'École normale d'Auteuil, a imaginé un perfectionnement du paratonnerre fondé sur la même idée, et qui n'est pas sans importance.

« On sait que l'une des conditions essentielles que doit remplir un paratonnerre, c'est d'être toujours parfaitement conducteur de l'électricité. Si l'électricité s'écoule mal à travers la chaîne, de violentes étincelles peuvent jaillir entre elle et l'édifice que l'instrument doit protéger. Comme la présence d'un paratonnerre a pour effet de produire, pendant les orages, un mouvement électrique considérable dans cet édifice, les chances qu'a ce dernier d'être foudroyé augmentent considérablement par le fait de son protecteur, s'il est en mauvais état. Autrement dit, si un paratonnerre bien disposé et bon conducteur protége absolument contre la foudre, un mauvais paratonnerre est une cause de danger imminent. Or la rouille qui envahit la chaîne d'un paratonnerre peut modifier considérablement sa conductibilité. Il y a donc là une source de dangers contre laquelle on ne saurait trop se prémunir.

« D'autre part, une seconde condition que doit remplir tout paratonnerre est d'être terminé par une pointe qui sert d'écoulement à l'électricité. C'est à cette pointe que le paratonnerre doit toute son efficacité : l'électricité s'écoule par la pointe comme un liquide contenu dans un vase s'écoulerait par un trou fait à la paroi de ce vase.

« Mais le moyen de maintenir en bon état une pointe d'acier exposée à toutes les intempéries ? Il n'y en a pas,

et l'on a tourné la difficulté en surmontant les paratonnerres d'une pointe en platine ou en cuivre, vissée dans la tige principale et soudée. Malheureusement, on ne peut obtenir entre les deux métaux, quelque soin qu'on y mette, une continuité absolue. Il en résulte que la conductibilité est défectueuse aux surfaces de jonction, et cela est rendu évident par l'altération que présente presque toujours la soudure lorsque le paratonnerre vient à être foudroyé. Une soudure, surtout si elle est défectueuse, est un obstacle au passage de l'électricité. Or toutes les fois qu'un obstacle est opposé à la marche d'un courant électrique intense, ce courant développe une puissance mécanique considérable; c'est à leur conductibilité irrégulière et imparfaite que les arbres doivent les mutilations que la foudre leur fait subir; c'est au point de jonction de leurs parties conductrices avec celles qui ne le sont pas, que les édifices foudroyés présentent les plus grands dégâts.

« M. Saint-Edme pense que tous ces vices, inhérents au mode actuel de construction des paratonnerres, seraient écartés si l'on adoptait l'usage de recouvrir galvanoplastiquement d'une mince couche de nickel toute la surface du conducteur. La rouille n'aurait plus de prise; la conductibilité demeurerait donc constante; la pointe ne s'altérerait plus à l'air humide; il ne serait donc plus nécessaire de la faire d'un autre métal que le reste du conducteur, et l'on pourrait ainsi revenir aux idées de Franklin, qui recommandait que les tiges des paratonnerres fussent faites d'une seule pièce. M. Saint-Edme s'est, du reste, assuré que la conductibilité d'une barre de fer nickelée était excellente. La surface nickelée est plus conductrice que la masse du fer; elle résiste mieux aux fortes décharges électriques; enfin elle est si peu altérable à l'humidité, qu'une barre de fer nickelée

abandonnée dans l'eau ordinaire pendant dix jours n'a pas présenté la moindre trace d'oxydation.

« En présence de ces applications nouvelles, il ne sera peut-être pas sans intérêt de savoir comment on peut ainsi nickeler le fer. M. Duchemin recommande l'emploi des procédés proposés d'abord, en 1862, par MM. Becquerel père et Edmond Becquerel, dont M. Saint-Edme a été longtemps l'élève et le préparateur au Conservatoire des arts et métiers. Ces procédés ont été depuis appliqués industriellement par MM. Folie et Mallié. Ils consistent à plonger, suivant la méthode ordinaire, la pièce à nickeler dans une cuve parcourue dans un sens déterminé par un courant électrique et contenant une dissolution de sulfate double, bien pur, de nickel et d'ammoniaque. La couche déposée est toujours, comme pour le cas de l'argenture du cuivre, parfaitement homogène et parfaitement résistante. »

Outre ces applications à la construction des boussoles, des paratonnerres, le nickel paraît devoir donner de bons résultats pour la fabrication des consoles ou potelets, des aiguilles de galvanomètres, des pointes mobiles de paratonnerres, pour remplacer la galvanisation de certains objets, le doublage des bâtiments, le cuivrage par la galvanoplastie des colonnes, candélabres et statues, et surtout les pièces des appareils télégraphiques confectionnées jusqu'ici en fer, telles que les armatures et palettes d'électro-aimants, les vis et les autres parties que l'oxydation atteint et détériore promptement. Évidemment, le succès peut tromper notre attente. Nous ne faisons que suggérer des essais à des hommes compétents; mais tout porte à croire que l'introduction de ce métal dans les applications de l'électricité ne sera pas dépourvue d'utilité.

C. Lemire,

Chef du service télégraphique de la Nouvelle-Calédonie.

APPAREILS IMPRIMEURS A ÉCHAPPEMENT

DE L'EXCHANGE TELEGRAPH COMPANY.

Dans la séance du 14 mars dernier, M. Higgins présente à la Société des ingénieurs télégraphiques les appareils imprimeurs à échappement, employés par l'Exchange Telegraph Company. Le but de ces appareils est de transmettre simultanément les nouvelles dans toutes les directions et sous une forme lisible pour tout le monde. Comme on le sait, l'Exchange Company a été instituée principalement pour la transmission rapide des cours de la Bourse et de leurs variations. Les appareils ordinaires, soit Morse, soit à aiguille ou autres, auraient pu être employés à cet effet, mais tous ces appareils exigent un employé exercé pour les manipuler et traduire les signaux qu'ils produisent. Au point de vue commercial, cet obstacle était de nature à restreindre beaucoup l'usage du système, et l'entretien eût été forcément bien plus coûteux. L'appareil en usage dans l'Exchange Telegraph Company imprime la transmission en grandes lettres romaines capitales, ou en chiffres, suivant les besoins. Il est automatique, et, par suite, il n'exige aucune attention de celui qui reçoit, ou de l'abonné auquel on transmet les nouvelles; et ce dernier, qu'il soit absent ou chez lui, n'a simplement qu'à ramasser la bande de papier sur laquelle est imprimée la dépêche dont il lit le contenu comme il lirait toute autre chose imprimée.

Ce genre d'appareil est très-répandu en Amérique. Le premier de ces imprimeurs à échappement fut inventé en 1867 par M. E. A. Calahan de New-York. On employait

d'abord 3 fils pour le faire marcher. Cet instrument a reçu des perfectionnements nombreux, entre autres ceux apportés par MM. Phelps et Manhattan. Les instruments dus à ces inventeurs sont plus rapides comme travail, mais ils sont plus délicats et plus compliqués que les solides et simples appareils de Calahan et Edison. L'appareil d'Edison exige 2 fils, l'un pour la révolution des types, l'autre pour le mécanisme imprimeur.

Quand un même transmetteur actionne plus d'un circuit, on introduit des relais, et ceux-ci tendent à réduire la vitesse à laquelle l'appareil fonctionne convenablement : 1° à cause de la détérioration des contacts des relais due aux extra-courants provenant des aimants en circuit ; 2° à cause des changements dans la durée des impulsions dus à l'inertie mécanique et électrique des relais; et 3° enfin, à cause de la difficulté qu'on a à envoyer plus de dix pulsations par seconde, difficulté due à la distance à laquelle les contacts des relais doivent être réglés quand les étincelles de décharge de la ligne acquièrent une grande intensité. On a essayé de perfectionner l'appareil transmetteur, mais on n'y a réussi qu'en partie. On a pu obtenir 22 tours de la roue des types par minute, et il faudrait encore modifier la construction avant de pouvoir obtenir une plus grande vitesse.

C'est à cela que s'est appliqué M. Higgins. Il a commencé par diminuer de moitié le nombre des dents de la roue d'échappement du récepteur, et l'a disposée de telle sorte que lorsque l'armature de l'électro-aimant agissant sur les roues des types est attirée, les roues avancent d'une distance égale à un caractère, et qu'elles avancent d'une quantité égale quand l'armature est rappelée. La même pile desservant les deux lignes, il fal-

lait pour cela qu'un courant pût être envoyé sur la ligne d'impression tantôt quand le courant passait sur la ligne des types, et tantôt quand il ne passait pas par cette dernière. Dans l'appareil primitif, au contraire, aucun courant ne passait par la ligne des types quand il traversait la ligne d'impression.

Ensuite M. Higgins a porté spécialement son attention sur l'arrangement électrique de l'appareil récepteur. L'expérience a démontré que la longueur des noyaux des électro-aimants a une grande influence, sur la vitesse avec laquelle ces organes peuvent fonctionner. Car tandis que la force d'un électro-aimant en fer à cheval varie comme le carré de la longueur de ses âmes, le temps nécessaire pour l'aimantation et la désaimantation augmente avec la longueur de ces âmes.

Des noyaux courts doivent donc être préférés toutes les fois qu'il est essentiel d'obtenir une grande rapidité. Pour la même raison les bobines métalliques doivent toujours être rejetées comme favorisant les courants induits. On a remarqué également que dans les bobines dont l'isolement est défectueux, un effet analogue se produit, c'est-à-dire que les couches de fil enroulées pardessus la couche défectueuse agissent comme si un cylindre métallique avait été introduit dans la bobine. On a étudié la meilleure forme à donner à l'armature. Les armatures convexes, c'est-à-dire celles qui présentent aux noyaux une surface courbe, ont été trouvées très-inférieures comme puissance aux armatures ordinaires; et après quelques essais, la forme de plaque plate oblongue est celle qui a été trouvée la plus convenable. Puis on a déterminé le calibre qu'il convenait de choisir : le calibre actuellement en usage a donné les meilleurs résultats : un accroissement de calibre augmente la force attractive,

mais l'attraction exige plus de temps; avec un calibre plus petit, la force attractive n'est plus suffisante.

Les noyaux ont été construits avec du fer au charbon de bois très-pur et manufacturé par petites quantités en Suisse. Ces noyaux sont creux dans leur centre jusqu'à une distance du sommet égale à 1/3 environ de leur diamètre et le cylindre fermé que l'on obtient ainsi est ensuite fendu pour empêcher la formation des courants induits, puis recuit à l'abri du contact de l'air. Ces âmes creuses possèdent une force attractive plus grande que celles qui sont massives. On a constaté que les électro-aimants ainsi construits obéissent correctement à 2.700 courants (y compris les renversements) par minute. On a perfectionné aussi l'échappement et les points de contact des relais.

Le seul moyen d'éviter la détérioration des points de contact est de disposer un condensateur qui reçoive et renvoie à la ligne les extra-courants induits dans les électro-aimants placés dans le circuit.

Les piles employées sont une modification de l'élément Bunsen. La force électromotrice est de 1,8 Volts et la résistance intérieure varie de 1,25 à 0,3 de Ohm par élément. Il faudrait 48.000 Daniell pour remplacer les 600 éléments que l'on emploie.

Ces perfectionnements ont permis à l'Exchange Company d'atteindre une vitesse bien plus grande que celle obtenue jusqu'ici. Les appareils ainsi modifiés peuvent transmettre à une vitesse de 80 tours par minute sur des circuits comprenant de 25 à 45 récepteurs. A l'aide d'un commutateur automatique, établi à la station qui reçoit, on peut n'employer qu'un fil.

(*Engineering.*)

LE

TÉLÉGRAPHE DOUBLE AUX ÉTATS-UNIS.

Les systèmes de télégraphie double (duplex telegraphy), usités aux États-Unis, sont, d'après le *Telegrapher* du 13 novembre 1875, au nombre de cinq, savoir :

1° Le système différentiel de M. Stearns;

2° Le système à Pont de M. Stearns;

3° Le système à relais polarisé de M. Haskins;

4° Le système électro-mécanique de M. Gerrit-Smith;

5° Le système de M. d'Infreville.

Nous donnons ci-après la description succincte de ces cinq systèmes, extraite de divers numéros du *Telegrapher*.

I. — *Système différentiel de M. Stearns.*

(*Telegrapher* du 12 juillet 1873, reproduit par le *Journal télégraphique international* du 25 août 1873.)

La partie caractéristique de l'appareil duplex et celle dont dépend principalement l'opération est le *relais différentiel.* Il est généralement un peu plus grand que le relais ordinaire, mais il n'en diffère, d'ailleurs, qu'en ce que ses hélices se composent de deux fils séparés enroulés parallèlement. Ces deux fils font chacun précisément le même nombre de tours autour des âmes de l'aimant et sont aussi de longueur et de résistance égales. Chacun d'eux forme un circuit distinct. Si un courant d'une force donnée est envoyé par l'un de ces fils, le

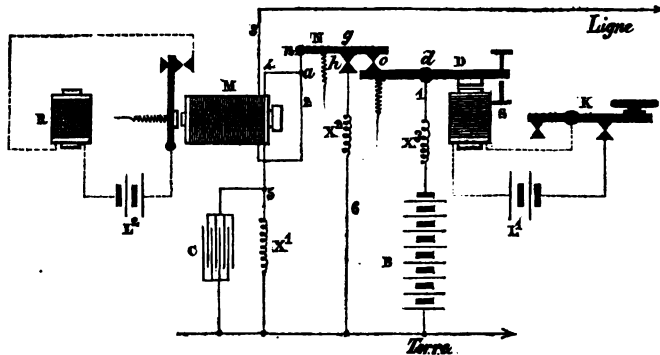
relais attirera l'armature de la manière habituelle. Si un autre courant exactement égal au premier est envoyé par le second fil dans la même direction, la force attractive du relais sera doublée; mais s'il est envoyé dans une direction opposée, l'effet magnétique de l'un des courants sur les aimants sera neutralisé par celui de l'autre, et par conséquent aucune aimantation ne se produira dans le relais. Si deux courants de force inégale sont envoyés par ces deux fils, dans des directions opposées, l'aimantation produite sera proportionnelle à la différence entre la force respective des deux courants opposés.

Pour comprendre la manière dont le relais est employé afin de produire le résultat voulu, il suffit de se rappeler cette loi que, dans tous les cas, un courant électrique se divise également entre les deux directions qui s'offrent à lui, si leur résistance respective est égale. L'alimentation de deux lignes par une seule pile est un exemple familier de ce fait. Si les deux lignes sont de même longueur ou si la plus courte contient un plus grand nombre d'appareils que la plus longue, de façon que les résistances soient sensiblement les mêmes, la force du courant des deux fils sera égale, ou, en d'autres termes, l'action de la pile se divisera elle-même également entre eux. La longueur des deux circuits n'est naturellement d'aucune importance dans la question, pourvu que leurs résistances respectives soient les mêmes.

La figure ci-dessous montre la disposition d'un appareil duplex de Stearns à une extrémité de la ligne, l'appareil à l'autre extrémité de la ligne étant sous tous les rapports la contre-partie exacte de celui-ci, sauf que c'est le pôle contraire de la pile principale qui est relié à la terre.

Le levier manipulateur K met en mouvement le par-

leur (*sounder*) S destiné à l'émission du courant, au moyen d'une pile locale L¹, le circuit local étant figuré



par une ligne ponctuée. L'employé qui transmet entend de la sorte sa propre transmission par le parleur qui suit le mouvement du manipulateur. Le levier D de ce parleur pivote autour du point *d*, et quand il est attiré par l'attraction de S, une pointe de platine, *o*, à son extrémité postérieure, se met en contact avec un second levier N qui pivote autour du point *n*. Quand le parleur S est ouvert, les pointes en *o* ne sont pas en contact, mais la pointe de la vis *g* reste en contact avec le support *h*. Lorsque le parleur S est fermé, les pointes en *o* sont en contact et au même instant le contact est interrompu entre *g* et *h* par le soulèvement du levier N.

M est le relais différentiel muni d'une pile locale L² et d'un récepteur R, disposé comme d'habitude, le circuit local étant figuré par des lignes ponctuées.

On peut indiquer de la manière suivante la marche du courant. B est la pile principale dont un des pôles, comme le montre la figure, est relié à la terre de la manière habituelle et l'autre au levier D du parleur d'émission, au

moyen du fil 1. Quand on abaisse le manipulateur K, le levier D obéit au même mouvement, ce qui produit un contact en *o* et interrompt en même temps le contact entre *g* et *h*. Le courant partant de B passe alors à travers le fil 1, les leviers D et N, et arrive au point *a* où il se bifurque. Une partie passe à travers le fil 2 et l'un des deux fils du relais différentiel pour aller de là, par la ligne 3, à l'autre station et à la terre. L'autre partie passe à travers le fil 4 et, de là, suit dans une direction opposée l'autre fil du relais, le fil 5, et aboutit à la terre.

Pour que ces deux courants aient une force égale, il suffit que la résistance offerte par chaque circuit soit la même. A cet effet, on place donc un rhéostat, que nous désignons par X^1, dans le circuit du fil 5 dont la résistance devient de la sorte égale à celles de la ligne et de l'appareil de l'autre station combinées. Quand il en est ainsi, il est évident que l'ouverture et la fermeture du manipulateur K envoient des signaux sur la ligne à l'autre station, sans affecter en rien le relais M, puisque chaque fermeture du circuit produit deux courants égaux passant simultanément à travers les deux fils du relais, mais dans des directions opposées.

Si les signaux sont émis par la station correspondante, au moment où est ouvert le manipulateur de la station considérée, le courant arrivant de la ligne passera par le fil 3 et l'un des fils du relais M et, de là, arrivera par le fil 2 au point *a*. A partir de ce moment, deux directions le conduisent à la terre, l'une par les fils 4 et 5 et l'autre par le levier N, les points *g*, *h* et le fil 6. Grâce à la grande résistance du rhéostat X^1 intercalé dans la première des susdites directions, une très-petite partie du courant suivra ce chemin et cette partie même traversant le relais dans la même direction que le courant principal,

ajoutera son effet à celui de ce dernier. Comme à ce moment le relais n'est parcouru par aucun courant opposé, le courant d'arrivée produira naturellement, dans la station considérée, les signaux émis par le manipulateur de la station correspondante.

Si, au contraire, les manipulateurs sont fermés en même temps aux deux extrémités de la ligne, les deux piles principales se trouveront à la fois dans le circuit de la ligne et un courant d'une force double traversera la ligne et un des fils du relais de chaque station. Mais ce courant sera contrarié par celui d'une seule des deux piles, circulant dans l'autre fil de chaque relais. Les relais seront donc affectés par la différence entre le courant des deux piles et celui de l'une d'entre elles.

Pour rendre ceci plus clair, désignons les deux stations respectivement par A et B. Le courant de la pile se bifurque à chaque station, la moitié allant sur la ligne, l'autre moitié revenant à la station par l'intermédiaire du rhéostat. Par conséquent, la ligne et les fils 3 et 2, comprenant un fil du relais, sont traversés par un courant égal à $\frac{A}{2}+\frac{B}{2}$, tandis que les fils 4 et 5 sont traversés par un courant n'ayant que la moitié de cette force, à savoir, en A, la force $\frac{A}{2}$ et en B, la force $\frac{B}{2}$. Ce dernier courant suivant une direction opposée à celle du premier, le relais de chacune des stations sera affecté par la différence entre les forces des courants; le relais en A par $\frac{A}{2}+\frac{B}{2}\Big)-\frac{A}{2}$ et le relais en B par $\left(\frac{A}{2}+\frac{B}{2}\right)-\frac{B}{2}$. Ainsi, chaque station reçoit le signal par le seul effet de la pile de l'autre station.

On remarquera que la pile B est momentanément ré-

duite à un court circuit pendant le temps qui s'écoule entre le moment où se produit le contact en *o* et celui de l'interruption du contact entre *g* et *h*. Pour éviter la consommation trop rapide de la pile provenant de cette cause, on intercale dans le circuit les résistances X^2 et X^3, dans lesquelles X^2 est égale à X^3 plus la résistance intérieure de la pile, de telle sorte que la résistance que rencontre le courant de l'autre station est la même, que la communication avec la terre s'effectue par le fil 1 ou bien par le fil 6.

La valeur respective de chacune de ces résistances est une question de la plus grande importance, pour assurer une division égale du courant de départ entre les deux fils opposés du relais de la station par laquelle il est émis.

Par exemple, si les résistances des différentes parties du circuit sont les suivantes :

Ligne. . . . . =	2.000	unités.
Relais (chaque fil). . . . . =	200	—
Pile. . . . . =	150	—
Rhéostat X^3. . . . . =	50	—

on devra donner

Au rhéostat X^1 une résistance de.	2,400	unités.
et au rhéostat X^2 —	200	—

Le courant de départ à son arrivée au point *a* rencontrera alors une résistance égale par chacune des deux routes, à savoir :

Un fil du relais de la station de départ. . . .	200	unités.
Ligne	2.000	—
Un fil du relais de la station d'arrivée. . . .	200	—
Rhéostat X^2 à la station d'arrivée.	200	—
Total.	2.600	unités.

Un fil de relais de la station de départ. . . .	200	unités.
Rhéostat X^1.	2.400	—
Total.	2.600	unités.

Dans la pratique, la résistance de X^1 devrait être un peu plus faible que le chiffre ci-dessus indiqué, puisque une petite partie du courant d'arrivée s'écoule à la terre à partir de *a*, par les fils 4 et 5 et le rhéostat X^1. Cela réduit, dans le cas ci-dessus, la résistance effective à offrir à la pile de la station correspondante, d'environ 4 p. 100, donc X^1 doit être réduit dans la même proportion. En manœuvrant l'appareil, dans la pratique, il est aisé de régler la résistance X^1 de façon à égaliser les courants parcourant les relais M dans des directions opposées. Quand le relais n'est en rien affecté par l'ouverture et la fermeture du manipulateur K, on sait que la résistance X^1 est convenablement réglée.

Quand on introduisit pour la première fois cet appareil entre New-York et Buffalo, dont la distance est de près de 500 milles (environ 800 kilomètres), on observa un trouble considérable provenant des effets de l'induction latérale ou statique, phénomène qui n'avait jusqu'alors que peu attiré l'attention pour les lignes terrestres. Le courant de retour venant de la ligne n'étant pas compensé par un courant égal dans l'autre fil du relais, causait une grande confusion. M. Stearns triompha de cette difficulté d'une manière très-ingénieuse. Il employa un condensateur formé de couches alternées de feuilles d'étain et de papier, saturées avec de la paraffine et disposées comme les feuillets d'un livre. Chaque feuille métallique était reliée alternativement de façon à former deux séries distinctes, isolées chacune l'une de l'autre, dont l'une communiquait avec le fil 5 et l'autre avec la terre, ainsi que le montre la figure. Ce condensateur présentait une surface suffisante pour produire un effet d'induction précisément égal à celui de la ligne. Il n'est pas absolument nécessaire d'employer des condensateurs pour les lignes

d'une longueur ordinaire, c'est-à-dire de 250 à 300 milles (400 à 480 kilomètres). Quant à son adoption sur les longues lignes, elle a été suivie du succès le plus complet. Entre New-York et Chicago il y a une ligne en service tous les jours, avec un seul répétiteur intermédiaire à Buffalo, et depuis que des condensateurs y ont été introduits, on n'a plus éprouvé aucune difficulté provenant des effets de l'induction.

Au lieu d'employer un relais de forme ordinaire muni de deux fils, on construit quelquefois le relais différentiel avec deux aimants égaux, disposés de façon à agir dans des directions opposées sur la même armature. Le principe de l'effet est naturellement le même que dans l'autre cas, mais il y a quelques considérations pratiques en faveur de la forme que nous venons de décrire. Les réglages rendus nécessaires par les variations de la résistance de la ligne peuvent s'obtenir en approchant ou éloignant l'un des aimants de l'armature, au lieu de changer la résistance du rhéostat X^1.

L'appareil que nous venons de décrire se rapproche beaucoup plus que toute autre invention antérieure du même genre, de celui de Frischen et de Siemens-Halske. L'amélioration introduite par M. Stearns consiste à disposer l'appareil de transmission de telle sorte que la communication avec la pile s'établit en même temps ou avant que la communication avec la terre soit interrompue, et à compenser la résistance de la pile, dispositions qui ont pour résultat de donner dans l'appareil de Stearns aux résistances et par conséquent à la force du courant une uniformité constante. On a également reconnu que la mise en jeu du parleur d'émission par le manipulateur et une pile locale était très-favorable à la manœuvre de l'appareil. Enfin, l'emploi de condensateurs

a écarté le dernier obstacle qui pouvait s'opposer à la généralisation de l'usage de l'appareil duplex sur des lignes de toute longueur ou dans tous les cas où la quantité de trafic rend son adoption désirable.

II. — *Système du pont.*

Comparaison de ce système avec le système différentiel.

(L. Pope, *Telegrapher* du 14 février 1874.)

Un an après l'introduction sur les lignes de la Western Union du duplex différentiel de Stearns, une autre forme de duplex reposant sur un principe différent, et également imaginée par M. Stearns, fut introduite sur les lignes de la même compagnie. Ce nouveau système, connu sous la dénomination de « duplex pont », est breveté en date du 12 novembre 1872. Il est fondé sur le principe bien connu de la balance électrique ou pont de Wheatstone; dans cet arrangement les résistances sont réglées de telle sorte que le courant sortant est dérivé autour du relais récepteur, qui reste à l'état neutre et apte à être mis en action uniquement par le courant arrivant de la station correspondante.

Quoique le « duplex pont » ait toujours été en grande faveur auprès des électriciens et des administrateurs de la Western Union Company, à en juger par le nombre de lignes exploitées suivant ce système, l'opinion des télégraphistes pratiques qui desservent actuellement les postes installés en duplex est, au contraire, presque à l'unanimité favorable au système différentiel, l'impression générale étant que ce dernier système fonctionne bien mieux que le pont quand la ligne n'est pas dans de bonnes conditions d'isolement.

Comme c'est là un point d'une grande importance pratique, il est intéressant de discuter brièvement et de comparer les deux systèmes.

La figure montre l'arrangement des circuits dans le système du pont à une des stations extrêmes, l'autre station étant symétriquement disposée.

Un pôle de la pile de ligne E est relié à la terre, et l'autre au levier du manipulateur K.

Un levier additionnel K' est installé de telle façon, derrière le levier du manipulateur K, que quand on abaisse ce dernier, il s'établit un contact entre K et K' avant la rupture du contact entre K' et P.

L'effet de cette disposition est de maintenir le levier K' directement relié à la terre, excepté quand la pile E est introduite dans le circuit par l'abaissement du manipulateur. Quand la pile E envoie ainsi un courant, il se divise en H, une partie allant par A à la ligne L et l'autre partie allant à la terre par B et le rhéostat X.

Le relais R, qui est un relais ordinaire, est placé dans le circuit reliant F et C et appelé « fil du pont ».

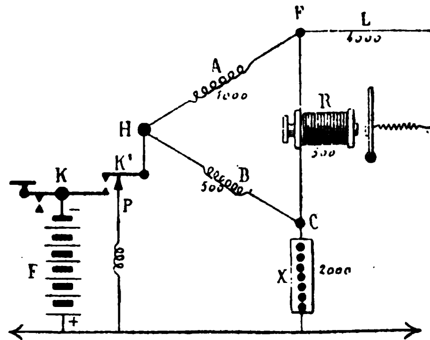
Les circuits étant ainsi disposés, il est évident pour tous ceux qui connaissent le principe du pont que, quand les résistances diverses sont dans la proportion : A : B : : L : X, aucun courant ne passera dans le fil du pont FC, et, par conséquent, le relais R ne sera nullement affecté par le courant sortant.

D'un autre côté, si le courant de ligne est renforcé par l'abaissement du manipulateur de la station correspondante, le courant additionnel arrivant en F se bifurquera, une partie va de A à H, et l'autre partie va à travers le relais R à C, et de là, en passant par B, atteint aussi H où elle rejoint la première partie ; puis les deux courants réunis vont à la terre à travers K'.

Une partie du dernier courant diverge aussi en C et va à la terre à travers X.

En examinant attentivement la figure, nous verrons que, pour envoyer la plus grande portion possible du courant dans la ligne, les résistances de B et X devront être aussi grandes que possible, comparativement à celles de A et L.

Par contre, la proportion de résistance la plus favorable à la réception sera celle qui forcera la plus grande proprortion du courant à traverser le fil du pont FC et le relais R; et pour cela, nous devrons faire A aussi grand que possible en comparaison de R et de B.



Il est donc évident que la disposition la meilleure pour transmettre est aussi la plus défavorable à la réception et réciproquement, et que dans la pratique il est nécessaire de rechercher le compromis le plus avantageux entre ces conditions antagonistes.

Une série d'expériences faites en introduisant un galvanomètre des tangentes dans le fil du pont à la place du relais récepteur a montré que l'on obtient les meilleurs résultats quand la proportion entre les diverses résistances

correspond aux nombres inscrits sur la figure, savoir : A = 1.000, B = 500, L = 4.000, X = 2.000, R = 500.

Nous allons prendre ces nombres comme base de notre calcul pour déterminer la quantité de courant qui traverse le relais et enregistre ainsi le signal reçu.

La résistance combinée des deux routes à partir de C via X et B est $\frac{2.000 \times 500}{2.000 + 500} = 400$. Ajoutons la résistance du relais 500, nous avons alors 900 comme résistance totale de la route du relais entre F et la terre. La résistance de la branche A est de 1.000; par conséquent il passera dans le relais 10/19 ou 0,526 du courant qui se bifurque en F, c'est-à-dire seulement un peu plus de la moitié du courant reçu de la ligne au point F. Mais le courant a déjà été divisé à la station qui transmet et deux tiers envoyés à la terre à travers B et X, ne laissant qu'un tiers aller à la ligne ; ce tiers arrivant au point F de la station qui reçoit est encore divisé, le relais n'en reçoit qu'une moitié, c'est-à-dire environ 16 p. 100 seulement du courant total envoyé par la pile de la station qui transmet, même dans les meilleures circonstances.

Il n'y a pas lieu d'augmenter la sensibilité du relais récepteur en le remplaçant par un relais de plus grande résistance, parce qu'en agissant ainsi, une plus grande partie du courant passerait par la branche A et la somme de courant traversant le relais serait diminuée d'autant. D'un autre côté, si l'on essaye de diminuer la résistance du relais, le courant qui le traverse est sans doute augmenté, mais le nombre des tours de l'électro-aimant est moindre et l'effet magnétique diminué dans la même proportion.

La proportion donnée plus haut du courant arrivant à la station de réception sera ordinairement encore dimi-

nuée par les pertes sur la ligne, et la pratique a démontré que le système du pont peut difficilement fonctionner sur une longue ligne dans les temps humides. On a essayé d'y remédier par une augmentation de la pile, cette panacée habituelle des lignes qui fonctionnent mal, et l'on a obtenu le résultat habituel de ce procédé, qui est d'augmenter les pertes et d'ajouter encore à la difficulté.

Si l'on compare les résultats des deux systèmes de duplex, on voit que l'on peut les résumer ainsi : dans le premier système de M. Stearns (différentiel), 50 p. 100 du courant de la pile de la station qui transmet arrivent au relais récepteur, tandis que dans la deuxième système (le pont) 16 p. 100 seulement y arrivent. Le grand mérite du système différentiel est d'avoir triomphé des nombreuses difficultés qu'il rencontrait, et son succès est maintenant un fait accompli.

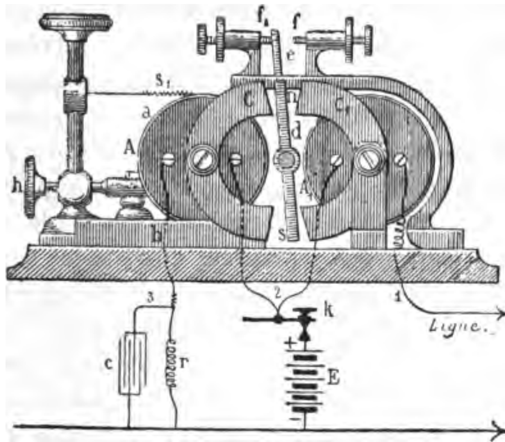
III. — *Système à relais polarisé de Haskins.*

(*Telegrapher* du 11 décembre 1875.)

Depuis le premier brevet pris aux États-Unis pour le duplex telegraph, par Moses G. Farmer, en 1858, près de quarante autres ont été accordés dans ce pays pour des inventions du même genre, surtout dans ces cinq dernières années.

Le système que nous allons décrire a été inventé en 1874 par M. C. H. Haskins, surintendant général des lignes de la North Western Telegraph Company à Milwaukee, Wisconsin. L'originalité de l'invention réside dans la manière particulière dont le relais récepteur est construit et fonctionne ; aussi nous donnerons quelques détails sur cette partie de l'appareil avant d'expliquer le principe général du système.

La figure représente la vue d'une des faces extrêmes du relais; les communications et autres parties de l'appareil sont représentées au-dessous sur une plus petite



échelle pour la facilité de l'explication. Le relais se compose de 2 bobines ou hélices AA_1 placées parallèlement l'une à l'autre et reliées ensemble au point 2 de manière à former un circuit continu de 1 à 3; c'est d'ailleurs la disposition des hélices dans un relais ordinaire.

Au lieu, cependant, de relier les 2 âmes ensemble au moyen d'une culasse ou armature postérieure, comme dans les simples électro-aimants ordinaires, des appendices demi-circulaires de fer doux C et C_1 sont attachés à chacune des extrémités de l'âme de chaque bobine. De cette façon chaque âme, avec ses appendices polaires et sa bobine, constitue un électro-aimant distinct ayant 4 pôles, les 2 pôles d'une des faces extrêmes ayant toujours des polarités contraires à celles des

2 pôles de l'autre face extrême, quel que soit le courant qui traverse l'hélice,

Entre les 2 hélices A et A_1 et parallèlement à leurs noyaux se trouve un axe *d*, portant à chaque bout un barreau *n*, *s* aimanté d'une façon permanente et formant une armature polarisée. Dans la figure, *n* représente le pôle Nord et *s* le pôle Sud d'une armature, le premier étant en haut et le second en bas. La position de l'armature à l'autre bout de l'axe est exactement l'inverse de celle-ci, c'est-à-dire que le pôle Sud est en haut et le pôle Nord en bas. Ces armatures sont disposées comme le montre la figure : leurs pôles sont situés directement entre les pôles C, C_1 des électro-aimants placés en regard.

Un bras de contact *e*, invariablement fixé à l'axe *d*, se projette en haut, au milieu de l'intervalle des deux armatures polarisées, et est muni d'une pointe de contact. Le bras *e* joue entre les deux vis de réglage *f* et f_1, dont la seconde *f* est isolée : il ouvre et ferme le circuit local de l'appareil récepteur, de la même manière que la languette d'un relais ordinaire. Une spirale convenablement réglée S_1, faisant ressort de rappel, retient l'armature dans la position représentée dans la figure, le circuit local étant ouvert quand aucun courant ne passe. La bobine A est montée sur un châssis *a* qui glisse sur une planchette plate *b*, et, à l'aide de la vis *h*, cette bobine peut être rapprochée ou éloignée de l'autre bobine et de l'armature. C'est en somme le même réglage que dans le relais ordinaire.

La disposition des communications est indiquée sur le bas de la figure. Les piles principales à chaque bout de la ligne sont placées avec leurs pôles opposés en regard, précisément comme cela à lieu dans l'installation habituelle d'un circuit Morse à courant continu. Quand les

deux manipulateurs sont au repos, la ligne principale est à la terre à chaque bout à travers les 2 hélices A, A_1 du relais, et aussi à travers la résistance *r*. Le manipulateur sert simplement, quand il est abaissé, à relier la pile à la ligne principale en un point situé entre les hélices du relais.

Il n'y que trois conditions électriques possibles de la ligne quand cet appareil fonctionne, savoir :

1° *Quand le manipulateur de la station où l'on se trouve est ouvert et celui de la station correspondante fermé.*

Supposons, par exemple, chaque pile composée de 100 éléments, la résistance de la ligne 1.000 Ohms, celle du rhéostat *r* 1.200 et celle de chacune des hélices du relais 200. L'intensité du courant parcourant la ligne sera dans ce cas $\frac{1.000}{200 + 1.000 + 400 + 1.200} = 0,35.$ Ce courant ira à la terre à notre station en traversant les deux hélices du relais, et la force, agissant sur l'armature *ns* en sens inverse de l'action du ressort S_1, sera $0,35 \times 2 = 0,70$ quand le manipulateur de la station éloignée est fermé, et nulle quand il est ouvert.

2° *Quand le manipulateur de notre station est fermé et celui de la station éloignée ouvert.*

Le courant de la pile de notre station se divise au point 2, et, pour simplifier, nous admettrons que la pile n'a aucune résistance intérieure. L'intensité du courant envoyé sur la ligne sera $\frac{1.000}{200 + 1.000 + 400 + 1.200} = 0,35$; ce courant agira seulement sur la bobine A_1 de notre relais et exercera une force de 0,35 sur le ressort antagoniste S_1. L'autre portion du courant traverse le rhéostat de notre station et

agit sur la bobine A avec une force $\frac{1.000}{200+1.200}=0,71$ double de celle du courant allant à la ligne, et dans la même direction que le ressort S_1. Ainsi l'armature du relais de notre station est encore maintenue dans sa position de repos avec une force de 0,36 quel que soit le courant envoyé sur la ligne.

3° ***Quand les manipulateurs des deux stations sont fermés l'un et l'autre.***

Dans ce cas, le courant de la ligne étant fourni par les 2 piles qui ajoutent leur action, devient $\frac{2.000}{200+1.000+200}=1,66$. Ce courant agit sur la bobine A_1 et tend à attirer l'armature en sens contraire du ressort S_1; mais le courant qui passe dans le rhéostat agit sur la bobine A et dans le sens du ressort S_1 avec une force de 0,71. Par suite, la force résultante agissant en sens contraire du ressort, pour donner un signal, sera $1,66 - 0,71 = 0,95$.

Ainsi, avec cette installation, nous aurons dans les conditions précédentes une force effective agissant sur l'armature *ns*, variant de 0,70 à 0,95. Cette grande marge permet aux opérateurs de travailler librement, malgré les pertes et changements de résistances sur la ligne, ce qui est impossible dans la plupart des autres systèmes. Ainsi, dans le cas cité, pour détruire l'équilibre du relais de la station qui transmet, et le faire marcher sous l'action des courants envoyés par cette même station, il faudrait que la résistance de la ligne éprouvât une diminution telle que l'intensité du courant sur la ligne passât de 0,35 à 0,71, c'est-à-dire éprouvât un accroissement de plus du double, ce qui correspondrait à une perte très-considérable.

Dans la pratique, on donne à la résistance du rhéostat r une valeur constante, et les réglages s'effectuent comme ceux d'un relais ordinaire et sans plus de difficultés.

Le condensateur C peut être employé, au besoin, comme le montre la figure, pour neutraliser la décharge statique. Cet effet est réalisé dans l'appareil décrit en obligeant le condensateur à se décharger directement sur le fil de ligne, de manière à détruire le courant de retour, tandis que dans l'installation habituelle du duplex différentiel, la ligne et le condensateur se déchargent tous deux à la terre à travers les bobines opposées du relais.

Ce duplex perfectionné a été breveté par M. Haskins aux États-Unis, le 24 août 1874. On s'en est servi avec succès pendant deux ans sur les lignes de la North Western Telegraph Compagny, qui comprennent de longs circuits tels que celui de Milwankee à Saint-Paul.

Grâce à un perfectionnement récent, on peut maintenant faire fonctionner l'appareil, même sur les plus longs circuits, sans employer ni le condensateur, ni d'autres moyens analogues pour neutraliser la décharge statique.

IV. — *Duplex électro-mécanique de Smith.*

(*Telegrapher* du 8 janvier 1876.)

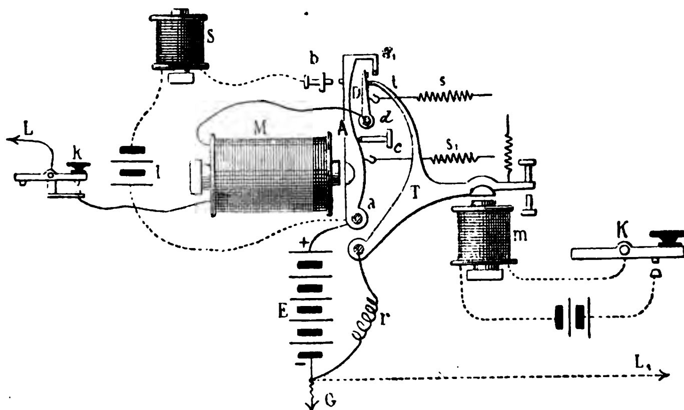
La condition essentielle à réaliser dans tout système de duplex, c'est de disposer le relais ou l'instrument récepteur de sa propre station de telle sorte qu'il ne marche pas sous l'action du courant envoyé par le manipulateur de cette station, mais qu'il obéisse cependant aux mouvements de clôture et d'ouverture du manipulateur de la station correspondante.

Dans la plupart des systèmes duplex imaginés jusqu'ici, ce résultat a été obtenu à l'aide d'un des deux moyens suivants : 1° en munissant le relais d'une double hélice, une de ces hélices faisant partie du circuit de la ligne principale, et l'autre hélice étant placée dans un circuit dérivé de la ligne principale ou dans un circuit local, lequel circuit est fermé au même instant que celui de la ligne, mais a pour effet de contrarier ou de neutraliser l'action du courant envoyé sur la ligne par la station qui transmet sur le relais propre de cette même station. Cette catégorie comprend tous les systèmes appelés différentiels, tels que ceux de Gintl, Frischen, Siemens, Farmer, Stearns, Haskins et autres. 2° En plaçant l'instrument récepteur dans une position neutre par rapport aux courants sortants de la station, position qui correspond à celle du galvanomètre dans le pont de Wheatstone ou les appareils analogues, quand un rapport convenable est établi entre les résistances. A cette catégorie appartiennent les systèmes de Nystrom, Maron, Stearns, Vianisi, G. Smith, d'Infreville et autres, dans lesquels la neutralisation est obtenue, tantôt par l'emploi d'une pile locale, tantôt par une bifurcation du courant de la pile principale; mais, dans tous les cas, le courant envoyé sur la ligne passe autour du relais de la station d'où il sort, tandis que le courant qui arrive traverse ce même relais.

Dans l'appareil qui va être décrit, on empêche le courant sortant d'agir sur le relais de la station même qui envoie ce courant, par l'application d'un artifice mécanique aussi simple qu'ingénieux, lequel dispense tout à fait de l'emploi de dérivations, circuits artificiels, rhéostats, etc.

Dans la figure, M est le relais récepteur, qui fait fonctionner le récepteur S à l'aide de la pile locale, comme

d'ordinaire. Le levier-armature A du relais tourne autour de l'axe a, et joue entre les arrêts de contact b et c.



D est un levier de contact ayant son pivot en d. Quand le transmetteur T est dans la position de repos, son bras supérieur t est dans une position telle que le bras D est pressé contre lui par la tension d'un ressort en spirale s, susceptible de réglage, et est par conséquent en contact électrique avec lui ; mais quand l'armature du transmetteur est abaissée, le bras t se retire, et le levier D, par suite de la tension de son ressort s, vient presser contre l'arrêt a_1 qui forme une saillie de l'armature A du relais.

Les communications sont établies comme il suit :

Un pôle de la pile de ligne E est relié au pivot a de l'armature A du relais, et l'autre pôle est relié à la terre en G.

Le pivot du transmetteur T est aussi relié à la terre par l'intermédiaire d'une résistance r égale à la résistance de la pile. La ligne L aboutit d'abord aux hélices du relais M, et de là au pivot d du levier de contact D. Le

transmetteur T peut être manœuvré directement à la main, comme un manipulateur ordinaire, mais il est préférable d'en faire l'armature d'un électro-aimant local *m* actionné par le manipulateur K. La figure représente la position normale de l'appareil au repos. Le ressort antagoniste s_1 de l'armature reçoit un réglage correspondant aux courants d'arrivée, c'est-à-dire aux courants de la pile de la station éloignée. Quand l'une des deux stations a son manipulateur K ouvert, comme l'indique la figure, le relais et le récepteur reproduisent la transmission du correspondant; les courants arrivant par L traversent le relais M, et de là vont à la terre en suivant le levier de contact D, le transmetteur T et la résistance *r*. Le ressort supérieur *s* est réglé de telle façon que quand il ajoute son action à celle du ressort s_1, la tension combinée des deux ressorts retient le levier-armature A contre son arrêt d'arrière *c* avec une force suffisante pour vaincre l'attraction produite dans l'électro-aimant M par l'action de la pile de ligne E agissant seule à l'une ou à l'autre station; mais l'effet combiné des deux piles, quand toutes les deux sont dans le circuit en même temps, suffit à vaincre sans difficulté la tension réunie des deux ressorts.

Dans ce cas, on voit que l'armature du transmetteur T, à la station considérée, étant abaissée, et le bras *t* tiré en arrière, le ressort *s* pousse le levier de contact D contre l'arrêt a_1 du levier-armature A, lequel relie ainsi la pile E à la ligne à travers le relais M, mais en même temps la tension combinée des deux ressorts *s*, s_1 s'exerce de façon à empêcher son armature d'obéir à l'action du courant. Mais si le manipulateur de la station correspondante est abaissé et la pile de la station correspondante placée aussi dans le circuit, la tension des deux ressorts est vaincue, l'armature A obéit à l'accroissement d'at-

traction de l'électro-aimant M et ferme le circuit local au point *b*, reproduisant ainsi le signal de la station éloignée.

Quand on manœuvre cet appareil, il faut évidemment que les piles de ligne soient disposées de façon à présenter leurs pôles opposés en regard.

On peut employer cet appareil aussi bien dans une station intermédiaire qu'à une station extrême; le seul changement à faire consiste à remplacer le fil de terre par le fil de ligne de l'autre section, comme l'indique, dans la figure, la ligne pointillée L_1.

Dans cette dernière installation, l'appareil sera muni d'une clef Morse ordinaire à interruption de circuit *k*, placée dans le circuit de la ligne. Dans ces conditions, le système entier peut servir à volonté à travailler *en simple*, c'est-à-dire qu'il peut être converti en système Morse ordinaire à circuit fermé, en opérant comme il suit : chaque station extrême ferme le manipulateur K et détend le ressort *s*. Chaque station intermédiaire détend aussi le ressort *s*, mais laisse ouvert le manipulateur K. Au moyen du manipulateur K, chaque station intermédiaire ou terminale peut correspondre avec une autre station, comme dans le travail ordinaire.

Quand l'appareil est monté en duplex, toute station, intermédiaire ou extrême, peut appeler une autre station et travailler avec elle en duplex, si la ligne n'est pas occupée d'autre part.

Cet appareil a été essayé dans des stations extrêmes ou intermédiaires, sur des circuits de différentes longueurs, atteignant 450 milles de fil n° 6, et a fonctionné avec succès. Il peut aussi être employé dans des stations intermédiaires communiquant avec des stations desservies par le duplex différentiel de Stearns. L'inventeur est

M. Geritt-Smith d'Astoria, New-York, aide-électricien de la Western Union Telegraph Company à New-York.

V. — *Télégraphe Duplex de d'Infreville.*

Par Hugh Neilson, superintendant de la Dominion Telegraph Company du Canada.

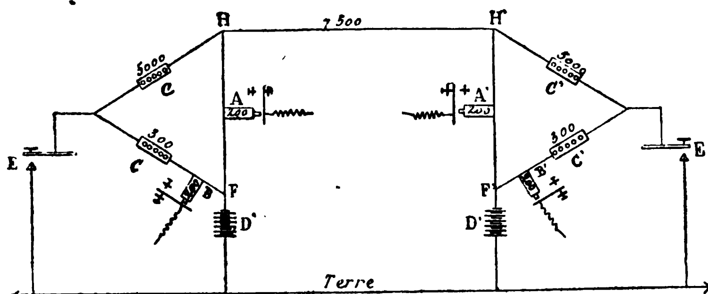
(*Telegrapher* du 13 novembre 1875.)

Quoique l'invention du télégraphe duplex ait dernièrement été éclipsée par celle du quadruplex, elle est encore le plus sûr moyen d'abattre de la besogne entre deux grands centres, surtout *quand* ceux-ci se trouvent à plus de 250 *milles* l'un de l'autre. Si un circuit Morse ordinaire peut, entre deux grandes villes, échanger 350 dépêches par jour, et donner un bénéfice à la compagnie, une disposition qui porte cette capacité de transmission à 700, donnera nécessairement un bénéfice double, sans augmentation du capital autre que le coût des instruments; et cette dépense supplémentaire est peu de chose comparée à celle de la construction et de l'entretien d'un autre fil.

Tous les systèmes en usage aux États-Unis, à l'exception de celui de M. d'Infreville, emploient des condensateurs pour compenser l'effet du courant de retour. Dans le système de M. d'Infreville, les condensateurs ne sont pas nécessaires, les courants de charge et de décharge étant rendus inoffensifs par la disposition particulière des électro-aimants. MM. d'Infreville et Haskins se dispensent de transmetteurs, et n'emploient dans leurs arrangements que des clefs ordinaires. L'appareil d'Infreville n'exige (à l'exception des rhéostats) aucun instrument qui ne se trouve dans tout bureau télégraphique. Dans les systèmes de Geritt-Smith et de Haskins, les piles des

stations sont disposées de manière à ajouter leurs courants sur la ligne, quand les deux correspondants transmettent à la fois; c'est-à-dire qu'elles sont reliées à la ligne par leurs pôles de noms contraires. Dans le système d'Infreville les piles *doivent* être opposées l'une à l'autre, c'est-à-dire reliées à la ligne par leurs pôles de mêmes noms.

La figure représente deux stations arrangées en du-



plex, suivant le plan de M. d'Infreville. La ligne a une résistance de 7.500 ohms.

A, A′ et B, B′ sont des relais ordinaires ayant 200 ohms de résistance.

E, E′ sont des clefs Morse ordinaires à interruption de circuit (c'est-à-dire dépourvues du levier de fermeture de circuit, qui se trouve dans les clefs Morse employées pour la transmission à courant continu).

D, D′ sont les piles de ligne; elles sont d'égale force et reliées à la ligne par leurs pôles similaires. Le courant de chaque pile traverse les relais récepteurs A, A′ pour arriver à la ligne; une petite partie du courant seule passe dans les dérivations formées par les rhéostats et relais enregistreurs (qui contrôlent la transmission au départ).

Les piles étant opposées l'une à l'autre, les deux relais récepteurs restent ouverts. En abaissant la clef E nous fermons le relais A'. Le courant de la pile D trouve maintenant un court circuit par le relais enregistreur B et le rhéostat C, 300. Le courant de la pile D' traversant la ligne suit la même route pour arriver à la terre, et le relais A' est aussitôt fermé. Mais le relais A reste ouvert, parce que le courant qui vient de la pile D' rencontre, en sens inverse, la partie du courant de la pile D, qui s'écoule au delà du point F, et qui est suffisante pour l'équilibrer. Cet équilibre s'obtient en faisant varier la résistance dans le rhéostat C marqué 300, jusqu'à ce que la clef E étant fermée (la clef à l'autre extrémité étant ouverte), l'armature du relais A reste immobile. Le relais A' étant ainsi fermé, voyons comment le relais A peut être actionné par l'autre extrémité de la ligne. En fermant la clef E', la pile D' trouve alors un court circuit; le courant de cette pile qui, auparavant, passait sur la ligne pour maintenir l'équilibre du relais A, est supprimé, et la portion du courant de la pile D qui s'écoulait au delà du point F, arrive maintenant au point H, passe de là dans le rhéostat C, 5.000, la clef E, puis va à la terre, et le relais A se ferme. Le relais A', déjà fermé, est maintenu dans cette position par le courant dérivé de la pile D' qui agit de la même façon que celui de la pile D à l'autre extrémité. On voit donc que la position des clefs est indifférente; les relais sont toujours prêts à fonctionner sous l'action du courant imprimeur envoyé par la station correspondante.

Le courant de retour est neutralisé par les relais enregistreurs B, B', ainsi qu'il suit : Quand la ligne est au repos, elle reçoit de chacune des piles une charge de même polarité. Lorsque, à l'une des stations, la clef est

fermée, le courant de ligne, en se déchargeant à travers le relais récepteur, tend à produire un faux signal. Mais, au même instant, le relais enregistreur, qui est traversé par un fort courant, émet un courant d'induction ayant une direction opposée à celle du courant précédent qui lui a donné naissance; ce courant d'induction rencontre le courant de décharge et le détruit. Chaque fois qu'une des clefs est soulevée, la ligne est de nouveau chargée, mais ce courant de charge est encore neutralisé par le courant provenant de la désaimantation du relais enregistreur. La puissance de ces courants d'induction peut être facilement réglée et appropriée à une ligne ou à un état de ligne donné, en employant des relais ayant des résistances et des dimensions de noyaux différentes.

L'arrangement qu'indique la figure a fonctionné entre Toronto et Montréal, sur les lignes de la Dominion Telegraph Company, à la distance de 400 milles environ, durant toute l'année dernière, et a donné de très-bons résultats. On employait à chaque extrémité une pile de densité de 140 éléments.

LE TÉLÉGRAPHE QUADRUPLE.

I. — *Mémoire de M. F. W. Jones* (*).

(*Telegrapher* du 1er mai 1875.)

Il y a juste 100 ans, George-Louis Lesage, de Genève, construisit un télégraphe composé de 24 fils de ligne, correspondant aux 24 lettres de l'alphabet, et au moyen de l'électricité de frottement et de balles de sureau, il réussit à transmettre sur ces fils, et à une certaine distance, des signaux intelligibles.

Plusieurs savants firent dans la suite de nombreuses expériences en vue d'établir des moyens de communication rapide entre des villes que séparaient de grandes distances ; mais tous les systèmes inventés n'étaient guère que des jouets scientifiques.

C'est à Morse que revient l'honneur d'avoir inventé, en 1844, un système capable de résister à l'épreuve des expériences actuelles.

Dans le cours de la même année, l'Angleterre déploya une grande activité dans les essais de télégraphie. La première ligne d'une certaine longueur fut construite entre Londres et Gosport, sur le London et South Western Railway, mais deux années s'écoulèrent encore avant que les lignes fussent exploitées au point de vue commercial.

(*) Mémoire lu à la réunion de l'American Electrical Society, à Chicago, le 17 février 1875.

En Amérique, où, en 1844, il n'y avait qu'un fil entre Baltimore et Washington, nos diverses compagnies possèdent aujourd'hui assez de milles de fil pour faire dix fois le tour du globe. Chicago a eu son premier fil en 1847, et actuellement, outre 30 lignes métropolitaines et 60 lignes privées, le bureau Western Union à Chicago exploite 72 grands circuits s'étendant dans toutes les directions, vers toutes les parties de la contrée.

Bien loin de s'en tenir aux premiers principes et de se servir de *24 fils pour transmettre un seul message*, le moment est proche où l'on pourra *transmettre simultanément 24 dépêches sur un seul fil.*

Actuellement on transmet au même moment et à une distance de près de 1.000 milles, 4 dépêches, avec la plus grande facilité et la plus grande précision, à raison de 120 mots par minute.

Le merveilleux appareil qui accomplit ce miracle télégraphique est le *quadruplex*, inventé par MM. Prescott et Edison. Il est fondé sur le même principe que le duplex pont, et afin de rendre plus facile et plus compréhensible la description du quadruplex, je vais passer brièvement en revue le système duplex. Les auteurs ne sont pas d'accord sur l'origine du duplex. Quelques-uns l'attribuent au docteur Gintl, en 1853. Il est constant, cependant, que des essais furent faits en 1853 par l'Electric Telegraph Company d'Angleterre; mais ce système ne parut pas avantageux et il fut abandonné au moment même où Gintl, Siemens et Frischen travaillaient au perfectionnement du duplex, et où leurs appareils étaient installés dans quelques stations russes; mais comme on ne réalisa pas plus de bénéfices qu'avec la transmission simple, les stations reprirent l'appareil Morse ordinaire. M. de Sauty, en 1855, réussit à faire fonctionner le sys-

tème Frischen-Siemens entre Manchester et Altringham. *Il ne transmettait que dix mots par minute, tandis que le Morse simple en transmettait seize.*

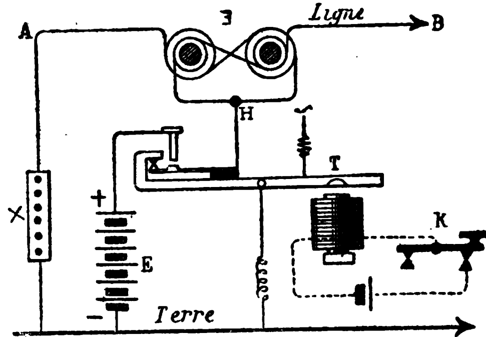
En 1856, on essaya de faire marcher le duplex entre Londres et Birmingham sur les fils de la Magnetic Company, et l'on améliora les signaux en se servant d'un condensateur; mais les expériences cessèrent, par cette raison que M. Gordon, de la maison R. S. Newall et C°, à qui appartenaient les brevets anglais, n'estima pas que l'addition des condensateurs eût assez de valeur pour compenser la dépense de leur construction.

En 1868, le duplex fut ressuscité par M. Stearns, de Boston, et il fonctionna à cette époque sur l'un des fils de la Franklin Company. Son système, que je vais décrire, ne diffère pas matériellement des systèmes qui l'ont précédé, si ce n'est par l'application d'une clef perfectionnée à double point de contact ou transmetteur, et plus récemment de condensateurs à l'aide desquels on élude les difficultés des longues lignes et l'on double presque leur capacité de transmission.

On se sert d'un relais sur l'électro-aimant duquel sont enroulés deux fils séparés; l'extrémité extérieure de l'un de ces fils et l'extrémité intérieure de l'autre sont amenées directement à la clef à double point de contact. Une des extrémités opposées de ces fils est reliée à la ligne, et l'autre à la terre à travers un rhéostat d'une résistance égale à celle de la ligne.

Le transmetteur, ou clef à double contact, est disposé de manière à se trouver en contact avec la pile quand le levier est abaissé, et avec la terre quand le levier est relevé; grâce à un arrangement convenable de ressorts, un contact a toujours lieu avant que l'autre ne cesse; de cette façon la ligne est toujours à la pile ou à la terre.

En supposant que la station éloignée B ait son manipulateur ouvert, le transmetteur qui est également ou-



vert maintient la ligne en communication avec la terre à travers un des fils de son relais. Quand la station A ferme son transmetteur, le courant arrive au relais où il se divise dans deux directions; une partie va à la ligne à travers un des circuits du relais, et l'autre partie va au rhéostat et à la terre par l'autre circuit du relais. Une quantité égale de courant passe dans les deux directions qui ont une résistance égale; mais comme les fils sont enroulés en sens contraire autour des noyaux, il ne se produit pas d'aimantation, et l'armature, n'étant pas attirée, continue à appuyer sur le contact d'arrière. Le courant qui arrive à la station B va au transmetteur et à la terre en traversant un des circuits du relais, dont l'armature est ainsi attirée et ferme le circuit du récepteur enregistreur. Si, au même moment, B ferme son transmetteur, la pile se divisera entre le rhéostat et la ligne comme à la station A, et n'exercera aucune action sur l'armature de son propre relais (une partie neutralisant exactement de l'autre); mais les deux piles envoyant du courant sur la ligne, il y a maintenant sur celle-ci une

quantité de courant double de celle qui existait quand B était ouvert, et par conséquent, il passe à travers ceux des circuits de chaque relais qui sont reliés à la ligne plus de courant qu'à travers les circuits reliés au rhéostat; par conséquent les noyaux de chaque relais sont aimantés par l'effet de cette différence d'intensité, et les signaux sont enregistrés simultanément à chacune des stations.

Quand ce système fut essayé sur de longues lignes, on remarqua que les armatures éprouvaient un soubresaut qui dénaturait les signaux. Ce soubresaut était produit par la décharge du courant de retour à travers le relais, et son intensité dépendait de la capacité statique de la ligne. On peut se rendre compte de ce phénomène par une comparaison bien simple. Supposons qu'une conduite droite relie deux points situés dans le même plan, et qu'à une des extrémités de la conduite l'eau soit forcée de pénétrer à haute pression; si cette pression cesse subitement, et si la conduite est ouverte aux deux bouts, une partie de l'eau qui se trouve dans le tube reviendra sur ses pas, et se déchargera par l'orifice d'entrée plutôt que de vaincre le frottement du tube qui la sépare de l'extrémité éloignée.

L'électricité, sur un conducteur métallique de grande section et bien isolé, s'écoule à la terre par l'extrémité éloignée tant que dure le contact de la pile; mais si l'on enlève subitement la pile et si on la remplace par la terre, une partie de la charge que le conducteur possède à cet instant retournera à la terre de la station de départ plutôt que de franchir toute la résistance de la ligne jusqu'à la station opposée. Ce retour produit le battement ou soubresaut de l'armature qui cause tant de désagréments aux télégraphistes.

On détruit cet effet à l'aide de condensateurs, et maintenant on travaille sur des circuits de 500 milles aussi bien que sur des circuits de 100 milles.

On comprend facilement que les quelques tours de fil fin qui composent un rhéostat n'ont pas la capacité statique ou capacité de charge d'une longue ligne, le métal du rhéostat pesant à peine quelques onces, tandis que celui d'une ligne, d'une conductibilité bien supérieure, pèse peut-être 100 tonnes de plus; c'est pour cela que sur le circuit du rhéostat on ne constate aucun courant de retour; mais si l'on relie au rhéostat un condensateur dont la capacité statique soit à peu près égale à celle de la ligne, ce condensateur renverra sa charge au moment même où la charge de la pile reviendra de la ligne, et détruira le battement de l'armature en neutralisant la tendance du courant de retour à aimanter les noyaux.

Ce système fonctionne également bien en reliant les piles à la ligne par leurs pôles de mêmes noms ou par leurs pôles de noms contraires. Quand les deux stations envoient des courants positifs, ces courants se neutralisent l'un l'autre dans le circuit de la ligne, permettant aux courants qui passent dans les circuits des relais renfermant le rhéostat, dans les deux stations, de faire mouvoir les languettes du relais et d'enregistrer les signaux, aussi bien que si les deux courants s'étaient ajoutés sur la ligne.

Après le duplex différentiel, vient le duplex pont, fondé sur le principe du pont de Wheatstone. Cette méthode a été installée sur le câble de Gibraltar, à Lisbonne, en avril 1872, par M. de Sauty, électricien de l'Eastern Telegraph Company à Gibraltar, à la suggestion de M. W. H. Preece, d'Angleterre.

Le câble a 360 milles marins de longueur et il est

desservi par le galvanomètre à miroir et le siphon recorder. M. de Sauty est resté du 16 mars au 11 avril 1872 sans pouvoir réussir, tant il était gêné par la décharge statique; il ne put surmonter cette difficulté qu'en donnant au circuit de son rhéostat une capacité statique égale à celle du câble, en divisant sa résistance et en intercalant des condensateurs de telle sorte qu'ils pussent renvoyer leur propre charge au moment précis du retour de la charge du câble.

De cette façon il fut maître de la situation, et il a depuis établi le duplex sur d'autres câbles, entre autres sur le câble de la Méditerranée, de Gibraltar à Malte.

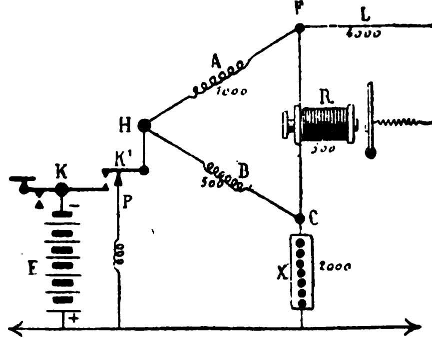
Dans le *Journal of the Telegraph* du 1er septembre 1873, on a décrit le système du pont inventé par M. J. B. Stearns, de Boston, et comme ce système est intimement lié avec le quadruplex, nous allons en donner une courte description pour mieux faire comprendre ce dernier.

Le duplex pont repose sur le principe de la balance de M. Wheatstone, d'après lequel un courant se divisant entre deux circuits reliés par un fil transversal ou pont, aucun courant ne traverse ce pont si les résistances des circuits de chaque côté du pont sont égales, ou si elles sont dans la même proportion.

En se reportant au diagramme, on voit que quand le manipulateur K est fermé, le courant qu'il envoie se divise au point H, une partie se dirigeant sur la ligne, et l'autre allant par la voie B et X à la terre.

Maintenant si les résistances de ces deux circuits sont égales, aucun courant ne traverse le fil du pont FC, et par suite le relais R ne bouge pas. Quand le courant arrive à la station éloignée, il se divise au point F entre le manipulateur K et le rhéostat X, en proportion inverse de la résistance des deux routes respectives; la partie de

courant qui passe à travers FC actionne le relais R et enregistre les signaux; et si cette station éloignée abaisse en même temps son transmetteur, il s'écoule sur la ligne



une quantité double de courant, laquelle produit des tensions inégales sur les côtés du pont reliés à la ligne et au rhéostat, et par suite détermine un courant qui traverse la diagonale du pont de chaque station, ferme les relais et enregistre les signaux simultanément aux deux extrémités de la ligne.

Vers la fin de l'année 1874, on apprit qu'un télégraphe quadruple avait été installé entre New-York et Boston par deux électriciens, MM. Prescott et Edison, et qu'il fonctionnait avec succès. Plus récemment, ce système a été mis en exploitation entre New-York et Chicago, avec relais à Buffalo, et entre Chicago et Cincinnati. — La première distance est de près de 1.000 milles, la seconde de 300 milles. Comme nous l'avons déjà dit, le système repose sur le principe du duplex pont. Dans la diagonale du pont du duplex on intercale deux relais; l'un est un relais ordinaire à noyaux très-courts et à résistance peu considérable, lequel n'est susceptible d'être affecté que par des courants intenses;

l'autre est un relais polarisé Siemens, sensible aux courants faibles, et construit de façon à permettre à la languette de presser contre la vis de contact postérieure (celle qui interrompt le circuit local), quand les bobines sont traversées par un courant d'une certaine polarité, et contre la vis de contact antérieure (celle qui ferme le circuit local), au passage d'un courant de sens inverse. Il y a deux transmetteurs séparés destinés à la double transmission à chaque bout de ligne. L'un d'eux est un transmetteur double; c'est un inverseur de pôles muni de deux ressorts de contact reliés, l'un à la ligne et l'autre à la terre. Les vis de contact contre lesquelles appuient ces ressorts sont reliées, par leur intermédiaire, avec la portion la plus petite de la pile principale, à travers le ressort et le levier du transmetteur simple : une section additionnelle de pile est intercalée entre le levier et le contact de fermeture de ce dernier transmetteur. Lorsque les deux transmetteurs sont ouverts, la section la plus petite de la pile est en relation avec la ligne. Par suite, le courant qu'elle émet se divise entre les deux côtés du pont, une partie se rendant à la terre à travers le rhéostat, l'autre allant à la ligne et se divisant ensuite entre la diagonale du pont et le transmetteur pour prendre terre à la station de réception. La portion qui traverse la diagonale du pont fait appuyer la languette de relais polarisé contre son contact postérieur, sans affecter le relais ordinaire ou neutre, parce que son intensité n'est pas suffisante. Si le transmetteur double de la station de départ est fermé, la même portion de pile est inversée dans le circuit, et amène alors la languette du relais polarisé de la station qui reçoit, sur le contact antérieur, ou contact de fermeture du récepteur, lequel enregistre un sigal. Le second transmetteur a unique-

ment pour fonction de mettre hors du circuit ou dans le circuit une portion plus considérable de pile, suffisante pour fermer le relais ordinaire de la station d'arrivée; et les mouvements du premier transmetteur, ou transmetteur double, déterminent complétement la polarité du courant envoyé sur la ligne. Lorsque le transmetteur double est relevé et le transmetteur simple fermé, celui-ci ne peut faire produire aucun signal au relais polarisé de la station éloignée, par la raison que le courant qui passe alors n'a pas la polarité convenable. Les mêmes effets se produisent à la station considérée quand on exécute une manipulation analogue à la station éloignée. De là la possibilité de ce phénomène curieux d'un opérateur tenant sa clef ouverte, d'un second tenant sa clef fermée, d'un troisième faisant un point et d'un quatrième faisant un trait, tout cela dans le même temps et leurs positions respectives étant parfaitement reconnues aux extrémités opposées de la ligne.

Si l'on suppose que les piles soient divisées dans le rapport de 50 et 150 éléments, les changements suivants de polarité et d'intensité auront lieu sur la ligne pendant la transmission simultanée des deux stations : 50 + et 50 —, 50 + et 50 +, 50 + et 200 —, 50 + et 200 +, 50 — et 200 +, 200 — et 200 +, 200 — et 200 —, 200 + et 200 +.

Ces inversions et ces variations continuelles du courant dans les bobines des relais tendent à mettre leurs noyaux dans une condition magnétique instable qui rend les mouvements de leurs armatures mal définis et par conséquent les signaux incertains. Pour rémédier à cet inconvénient, la diagonale du pont est munie d'un condensateur chargé par les mêmes courants que ceux qui actionnent les relais. Dès que les courants cessent de

passer dans les relais, le condensateur se décharge, avant l'arrivée, dans les relais, d'un courant inverse. De cette façon les signaux sont prolongés, et l'équilibre magnétique des noyaux est maintenu.

Les condensateurs reliés au rhéostat de compensation exigent un réglage très-délicat pour neutraliser exactement la décharge statique de la ligne. Comparée à celle du système différentiel, la proportion de courant effectif qui détermine la formation des signaux dans le quadruplex, est très-faible, et divisée entre deux relais dans le même circuit. Les précautions les plus grandes sont donc nécessaires pour équilibrer et ajuster les différents réglages de façon que le système puisse donner tout son rendement. Le service pratique du quadruplex exige une grande vigilance et une surveillance intelligente, sous peine de ne pas même arriver à doubler la capacité de la ligne. Comme il s'agit de faire le travail de quatre fils, on comprend de quelle gravité est le moindre retard; il faut donc que les employés soient complétement familiarisés avec toutes les parties du système, pour que les compagnies retirent du quadruplex le service qu'elles en attendent.

On a imaginé d'autres modes de télégraphie multiple, mais l'expérience a prouvé qu'ils n'avaient aucune valeur pratique. Le système de M. Meyer, de l'administration télégraphique française, qui a figuré à l'exposition de Vienne, est le plus remarquable moyen de transmettre quatre dépêches par un seul fil dans la *même direction*, mais son rendement le plus élevé n'est que de 110 dépêches ordinaires à l'heure. Le Dr C. Nicholson, de Mont-Washington, près Cincinnati, a également construit un télégraphe quadruple pour la transmission de deux dépêches dans deux directions opposées par un seul fil

dans le même temps. Son système repose sur le principe différentiel. Les courants, à leur sortie, traversent en sens contraires le relais de départ sans affecter ses noyaux. On emploie à chaque station deux clefs disposées de telle sorte qu'elles envoient le courant sur la ligne de la manière suivante : une clef abaissée envoie un courant positif d'une tension déterminée, l'autre clef fermée fait passer un courant négatif de tension égale; les deux clefs simultanément fermées donnent un courant positif d'une tension double de celle du courant envoyé par une seule clef.

Le relais a deux noyaux droits placés horizontalement côte à côte, et munis de circuits différentiels; à chaque extrémité sont placées des armatures aimantées d'une manière permanente. L'une de ces armatures est placée horizontalement sur une palette en regard des pôles d'une extrémité du relais. L'autre armature oscille verticalement autour d'un axe placé entre deux prolongements demi-circulaires des pôles opposés à ceux qui font face à la première armature décrite. Chaque armature a une polarisation telle que l'une étant attirée par le passage à travers les bobines d'un courant d'une certaine polarité, l'autre est repoussée. Lorsqu'il s'agit d'équilibrer ce système pour la transmission, la station éloignée est invitée à ouvrir ses deux clefs. Cette manœuvre met les piles de cette station hors du circuit et ses appareils à la terre. A la station considérée on fait des points par les deux clefs, et le rhéostat qui doit équilibrer la ligne est réglé de telle sorte que le courant se divise également, à travers le relais, entre la ligne et la terre, et que tout effet magnétique soit neutralisé dans les noyaux. Comme dans le système duplex, des condensateurs sont employés pour compenser la décharge statique de la ligne. La

station éloignée est ensuite invitée à faire un point avec la clef positive, ce qui amène dans la station considérée un courant attirant l'armature correspondante, laquelle ferme un circuit local, et enregistre aussi un signal. Puis la station éloignée fait un trait avec la clef négative, lequel ferme à la station considérée l'armature de l'extrémité du relais opposée à celle de l'armature actionnée par la clef positive, et enregistre un signal sur le récepteur. Lorsque les deux clefs sont fermées à la fois, les tensions de leurs piles sont doublées et ont une polarité positive. Le courant que l'on envoie ainsi agit avec une force double sur l'armature actionnée par les courants positifs, laquelle pousse alors en avant un ressort, et ferme ainsi, non-seulement son propre récepteur, mais encore celui qui est en communication avec l'armature opposée ; en sorte que deux signaux sont enregistrés simultanément. Les points faibles de ce système semblent tenir aux renversements continuels et inégaux de courants, ce qui, durant la transmission, produit dans les noyaux un état magnétique instable, et au peu de sûreté de l'action qui s'exerce entre les armatures et l'arrangement mécanique imparfait destiné à transporter le fonctionnement du récepteur d'une palette du relais à l'autre.

Ce système a marché assez bien dans un circuit artificiel de la résistance de 6.000 ohms, mais il n'a pas répondu à l'attente de ses promoteurs sur une ligne réelle, ce que l'on doit attribuer probablement à ce qu'il est encore dans l'enfance et à ce que les essais entrepris sont encore insuffisants.

II. — *Mémoire de M. F. L. Pope.*

(*Telegrapher* du 13 novembre 1875.)

L'invention de la transmission simultanée de deux dépêches télégraphiques en sens contraires par le même fil, transmission connue aujourd'hui sous le nom de *télégraphie double*, remonte à 1853. Le docteur Wilhelm Gintl, directeur de la télégraphie d'État à Vienne (Autriche), conçut le premier la possibilité de cette transmission, et le premier aussi la réalisa. Sa méthode est décrite dans un mémoire, lu à l'Académie des sciences de Vienne le 9 juin 1853; au mois de juillet de la même année, cette méthode fut expérimentée entre Prague et Vienne.

En mars de l'année suivante, Carl Frischen, ingénieur des télégraphes de Hanovre, perfectionna la méthode de Gintl en employant un courant dérivé de la pile de ligne pour compenser l'effet du courant sortant sur le relais du poste même de départ, au lieu du courant local qu'employait Gintl. C'est là incontestablement le perfectionnement le plus important qui ait été apporté à la télégraphie double depuis sa première invention par Gintl, jusqu'à l'époque de l'addition du condensateur par Stearns, en 1872. Frischen employait un relais différentiel dont les hélices étaient composées de deux fils égaux et opposés, et une ligne artificielle, ou rhéostat, égale en résistance à la ligne principale, exactement comme on le fait aujourd'hui. Son premier essai pratique eut lieu entre Hanovre et Gœttingue le 26 mai 1855.

Les travaux de Frischen, ceux de Siemens et Halske, de Berlin, qui, la même année, imaginèrent aussi de leur côté une méthode à peu près identique à celle de Frischen, amenèrent le système de la transmission simul-

tanée en sens contraire à un degré de perfection très-satisfaisant, sur des lignes comparativement courtes, et eu égard à la petite vitesse de transmission dont on se contentait alors.

Le succès de ces inventions ingénieuses imprima une direction toute nouvelle aux électriciens entreprenants du continent d'Europe, et, dans le cours de l'année suivante, 1855, le problème de la transmission simultanée dans le même sens, lequel se présentait naturellement comme le premier pas à faire dans le progrès de l'invention, fut résolu avec plus ou moins de succès par les travaux indépendants du docteur J. B. Stark, de Vienne, du docteur Werner Siemens, du docteur Auguste Kramer et de M. A. Bernstein, de Berlin, et du docteur J. Bosscha, de Leyde. Chacun de ces inventeurs publia une notice complète de sa méthode dans le second semestre de 1855 ou dans le premier de 1856. Deux de ces inventeurs incontestablement, Stark et Bosscha, entrevirent clairement que l'heureuse solution du problème difficile de la transmission simultanée dans la même direction impliquait comme conséquence nécessaire la solution du problème de la transmission quadruple. La connaissance de l'invention de Gintl, perfectionnée par Frischen, était tout ce qu'il fallait pour comprendre que la transmission double en sens contraire était également applicable et à une transmission simple et à une transmission double dans la même direction.

Dans la première description qu'il publia de sa méthode à Vienne, le 30 octobre 1855, Stark conclut ainsi :

« Avec la méthode de transmission double dans la même direction, nous pouvons combiner la méthode de *contre-transmission*, et de là résulte la possibilité d'un échange simultané de quatre messages sur un seul fil

entre deux stations, ce qui néanmoins offrira difficilement une application pratique (*). »

C'est assurément là la première idée qui ait été publiée de ce qui est maintenant connu sous le nom de *quadruplex system*.

Le docteur Bosscha, dans une description de son système lue à l'Académie royale des sciences de Hollande, le 27 octobre 1855, et publiée dans les *Comptes rendus* de cette académie, vol. IV, p. 101, émet non-seulement la même idée, mais de plus expose en détail un moyen d'arriver au résultat. Après avoir décrit sa méthode de double transmission dans la même direction, il dit : « Maintenant si nous enroulons deux fils sur chacun des relais de réception, et si nous divisons le courant à la station de départ, suivant le plan de Siemens et Halske (Frischen), entre les deux circuits du relais de cette station, de façon qu'il les traverse en sens contraires, il devient possible aux deux stations de transmettre au même moment, sans que leurs propres relais soient affectés par la transmission de leurs propres courants, et de cette manière on arrive à envoyer quatre signaux simultanément par un seul fil. Telle est la solution du problème dans sa plus grande généralité. »

Ainsi Stark et Bosscha, dès 1855, reconnurent l'un et l'autre ce fait incontestable que la découverte d'une bonne méthode de transmission quadruple dépend uniquement d'une bonne solution du problème de la transmission double dans la même direction. Si ce dernier résultat peut être obtenu, sa combinaison avec le système de Frischen ou tout autre système de contre-transmission se réduit à une question de détail mécanique.

(*) *Journal de Brix*, II, 135.

Il a été établi que, dans le cours de l'année 1855, des méthodes de double transmission dans la même direction ont été réalisées indépendamment, mais à peu près à la même époque, par de nombreux inventeurs.

Les électriciens allemands, ingénieux et actifs, reconnaissant que la réalisation de ce résultat était la clef d'une transmission quadruple simultanée, avaient soigneusement travaillé le problème. Voyons le résultat de leurs travaux :

Dans tout système de transmission simultanée double dans la même direction, deux manipulateurs ou clefs sont nécessaires à la station qui transmet, et il faut avoir au moins quatre conditions électriques différentes de la ligne, une pour chacun des quatre cas suivants :

1° Lorsque la première clef est *fermée* et la seconde *ouverte ;*

2° Lorsque la seconde clef est *fermée* et la première *ouverte ;*

3° Lorsque les deux clefs sont *fermées ;*

4° Lorsque les deux clefs sont *ouvertes.*

Les méthodes Stark, Siemens et Bernstein (n° 1), quoique différant par les détails, découlent d'un même principe général, les quatre conditions électriques de la ligne étant les suivantes :

1° Un courant positif ayant une intensité égale à 1 ;

2° Un courant positif ayant une intensité égale à 2 ;

3° Un courant positif ayant une intensité égale à 3 ;

4° Pas de courant.

Les méthodes de Bernstein (n° 2), Bosscha et Kramer, et, à une date plus récente, celles de Schreder (1860) et Maron (1862), découlent d'un principe autre et meilleur :

1° Un courant positif ayant une intensité égale à 1 ;

2° Un courant négatif ayant une intensité égale à 1 ;

3° Un courant positif (ou négatif) ayant une intensité égale à 2 ;

4° Pas de courant.

Deux difficultés sérieuses, pour ne pas parler de celles d'un ordre inférieur, sont inhérentes à tout système de transmission simultanée double dans la même direction. D'abord, quand une clef passe du contact antérieur au contact postérieur, elle cause une interruption momentanée du signal transmis au même moment par l'autre clef.

Ni Stark ni Siemens n'ont suggéré de moyens pour obvier à cette difficulté. Bosscha et Kramer firent usage d'un procédé imaginé dans le principe par Gintl (*), et qui consiste à laisser constamment la pile dans le circuit de la ligne, mais à établir une dérivation par la clef; de cette façon, quand la clef est abaissée, le court circuit est interrompu et le courant passe dans la ligne; quand la clef est relevée, la pile est de nouveau en court circuit. Ce système remédie effectivement aux difficultés en question, mais il use promptement la pile. Bernstein, cependant, indique la méthode aujourd'hui employée qui consiste à munir chaque clef d'un ressort disposé de façon à *fermer* le contact antérieur au moment ou avant le moment de l'interruption du contact postérieur.

Cette difficulté fut donc écartée avec succès dès 1855. La seconde difficulté est encore plus sérieuse; voici comment elle se présente : quand on travaille simultanément, il se produit nécessairement de fréquents changements d'état de la ligne et des relais ou instruments récepteurs, qui passent d'un état positif à un état négatif, ou *vice versâ*, quand on fait mouvoir une seule clef. Or, il est évi-

(*) *Journal de Brix*, II, 135.

dent que le renversement de la polarité magnétique d'un récepteur par l'action d'une clef doit couper le signal qui serait transmis au même instant à ce récepteur par l'action d'une autre clef. Cette difficulté se rencontre dans tous les arrangements des instruments de réception.

Stark employait trois relais neutres, réglés à des degrés différents de sensibilité, dans l'un des arrangements. Il employait deux relais polarisés et un relais neutre dans un autre arrangement, comme firent aussi Bosscha et Kramer. Bernstein se servait d'un relais simple avec trois armatures à réglages différents.

Ni Stark ni Siemens ne proposèrent de méthode qui remédiât à ce défaut sérieux, et, à en juger par le mémoire qu'il publia sur ce sujet, ce dernier regardait évidemment la difficulté comme insurmontable. Bosscha, Bernstein et Kramer se servirent de différentes modifications du même principe, celui qui consiste à faire fonctionner l'instrument enregistreur, ou parleur, en ouvrant un circuit dérivé, comme avaient déjà fait le premier et le dernier avec les piles de ligne, et à se servir pour le travail du contact postérieur du relais récepteur, au lieu du contact antérieur.

Ils réussirent ainsi à surmonter théoriquement l'obstacle. Mais, dans la pratique, la méthode qui consiste à actionner un enregistreur ou un parleur en fermant et ouvrant un circuit dérivé, n'est pas satisfaisante. Non-seulement elle épuise très-rapidement la pile locale, mais la désaimantation des noyaux de fer doux est beaucoup moins rapide lorsque la pile est coupée par l'établissement d'une dérivation, même de très-petite résistance, que lorsque la pile est complétement interrompue par la rupture même du circuit faite à la manière ordi-

naire, et c'est ce qui rend impossible la réception et l'enregistrement des signaux télégraphiques à la vitesse exigée par la télégraphie moderne.

Lorsque ces méthodes furent essayées sur des lignes d'une longueur dépassant 100 ou 150 milles, la perturbation produite par des décharges statiques vint s'ajouter aux difficultés déjà existantes; aussi les résultats furent-ils en somme si peu satisfaisants que la question demeura en souffrance pendant de longues années. Les travaux subséquents de Schreder, Wartmann, Maron, Schaak et Zetsche, de 1855 à 1865, tout en dénotant une grande ingéniosité et beaucoup de recherches, ajoutèrent peu de chose ou n'ajoutèrent rien comme valeur pratique à ce qu'avaient trouvé déjà les premiers inventeurs qui avaient abordé ce sujet.

La résurrection du système duplex en Amérique et sa mise en pratique sur une vaste échelle, aussi bien en Europe qu'en Amérique, à la suite des perfectionnements de Joseph B. Stearns (notamment sa méthode de compenser les effets de décharge statique de la ligne par l'application du condensateur, application qu'il a fait connaître dans le cours de l'hiver 1871-1872), ont de nouveau appelé l'attention des électriciens sur le problème de la transmission simultanée dans la même direction.

Dans un mémoire publié dans le *Philosophical Magazine* de juin 1873, Olivier Heaviside, de Newcastle-On-Tyne, Angleterre, fit la remarque, déjà faite avant lui par Stark et Bosscha, que l'invention d'un système de transmission simultanée dans la même direction donnait la solution du problème de quadruple transmission. « Il est, dit-il, théoriquement possible d'envoyer un nombre quelconque de dépêches simultanément dans une même direc-

tion par un seul fil. Or, par la combinaison de ce système avec un système duplex fondé sur une méthode de réduction à zéro, il est évidemment possible d'envoyer un nombre quelconque de dépêches dans l'autre direction, en même temps que les correspondances envoyées dans la première direction continuent à passer, et sans qu'il y ait interférence. Les capacités de travail des circuits télégraphiques peuvent donc être augmentées indéfiniment par des arrangements convenables. . . . . . .

« D'après les expériences que j'ai faites, je trouve qu'il n'est nullement difficile d'obtenir quatre correspondances dans le même temps, deux dans chaque direction; en supposant que les progrès de la télégraphie dans l'avenir soient aussi rapides que dans le passé, il ne semble pas improbable que la télépraphie multiple ne devienne un fait accompli. »

Dans le cours de l'été de 1874, T. A. Edison, de Newark (New-Jersey), qui, de concert avec Georges B. Prescott, électricien de la Western Union Telegrah Company à New-York, expérimentait l'appareil duplex de Stearns, dans le but d'y introduire certains perfectionnements, imagina un système de transmission simultanée dans la même direction, lequel différait matériellement en principe de tout système antérieur, et était destiné à fournir la base de la première solution pratique du problème curieux et intéressant du télégraphe quadruple.

Le principe distinctif de cette méthode consiste à combiner ensemble deux méthodes distinctes et dissemblables de transmission simple, de telle sorte qu'elles puissent fonctionner indépendamment l'une de l'autre sur le même fil, dans le même temps, sans se gêner mutuellement. L'une de ces méthodes de transmission simple est employée surtout en Angleterre, où elle est connue sous le

nom de ***système à double courant;*** l'autre est le système à un seul courant ou à circuit ouvert employé sur le continent européen. Dans le système à double courant, la pile reste constamment en communication avec la ligne, à la station de départ; la polarité de la pile est complètement renversée au commencement et à la fin de chaque signal sans que le circuit soit pour cela interrompu. Le relais récepteur est pourvu d'une armature polarisée ou aimantée d'une façon permanente, mais sans ressort de réglage; son action dépend uniquement des renversements de polarité sur la ligne, et est absolument indépendante de l'intensité du courant. Dans le système à courant simple, d'autre part, la transmission a lieu par la fermeture et la rupture du circuit, ou par l'augmentation et la diminution du courant, et le relais a une armature neutre ou en fer doux, et munie d'un ressort antagoniste. Dans ce système, l'action dépend uniquement de l'intensité du courant; la polarité du courant est absolument indifférente.

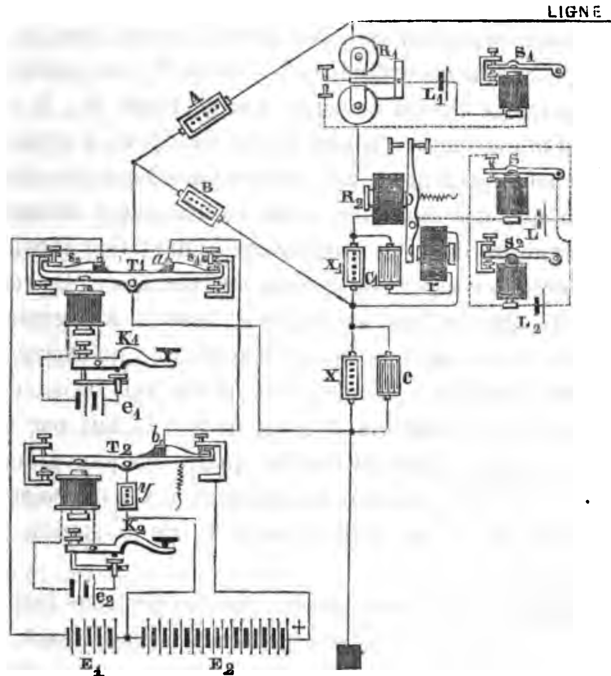
On voit qu'en employant ces deux qualités distinctes des courants, la polarité et l'intensité, deux sortes d'instruments peuvent fonctionner en même temps sur le même fil. Cette méthode possède, en outre, cet avantage pratique important que l'action de chacun des deux relais récepteurs est parfaitement indépendante. Chaque employé qui reçoit contrôle son propre relais, et peut le régler à sa convenance sans gêner l'autre : c'est là une particularité que ne présente aucune des méthodes précédentes. Dès que cette méthode fut mise en pratique, il devint évident que chacune des méthodes de transmission simultanée en sens contraires déjà en usage pouvait y être appliquée, comme Stark, Bosscha et d'autres l'avaient remarqué, et donner pour résultat un système

pratique de transmission quadruple. C'est ce qui fut réalisé peu de temps après sur les lignes de la Western Union Telegraph Company, entre New-York et Boston, à une distance de 240 milles. On expérimenta successivement la combinaison de cette transmission double dans le même sens avec les deux systèmes duplex, du pont et des bobines différentielles, et les essais réussirent parfaitement. Mais quand l'appareil fut essayé sur un circuit d'environ 450 milles, les effets de l'induction statique devinrent très-intenses, et l'on trouva que ces effets étaient plus faciles à compenser dans le système du pont que dans le système différentiel. Le premier fut donc préféré au second comme se prêtant mieux que celui-ci aux conditions usuelles.

Le diagramme fait voir l'appareil quadruple disposé d'après le principe du pont.

T_1 est un transmetteur à double courant ou inverseur de pôles, actionné par un électro-aimant, une pile locale e_1 et un manipulateur K_1 d'une manière bien connue. La fonction du transmetteur T_1 est simplement d'inverser les pôles de la pile principale E_1 par rapport aux fils de ligne et de terre, chaque fois que l'on abaisse la clef K_1; en d'autres termes, cet instrument renverse la polarité du courant de ligne en inversant les pôles de la pile E_1. Par une disposition convenable des ressorts de contact S_1, S_2, ce renversement se fait sans que le circuit soit interrompu un seul instant. De cette façon les mouvements du transmetteur T_1 ne peuvent point changer l'intensité du courant qu'il transmet sur la ligne, mais seulement sa polarité ou sa direction. Le second transmetteur T_2 est actionné de la même façon par un circuit local et une clef K_2. Il est relié avec le fil de pile *ab* du transmetteur T_1, de telle sorte que quand la clef K_2 est abaissée,

la pile E_1 est renforcée par l'addition d'une seconde pile E_2, d'un nombre d'éléments double ou triple, et



peut, grâce à cette addition, envoyer sur la ligne un courant d'une intensité trois ou quatre fois plus grande que l'intensité primitive; mais la polarité du courant, par rapport à la ligne, reste, comme auparavant, sous le contrôle du premier transmetteur T_1.

A l'autre extrémité de la ligne sont les deux récepteurs R_1 et R_2, représentés dans la figure comme appartenant à la station de départ; mais tout est symétrique dans les deux postes. R_1 est un relais polarisé avec une armature aimantée d'une façon permanente qui est déviée dans une direction par les courants positifs et dans l'autre par les

courants négatifs, quelle que soit l'intensité de ces courants. Ce relais, par conséquent, répond uniquement aux mouvements de la clef K_1 de la station de départ, et fait fonctionner le parleur S_1 placé dans le circuit local de la pile L_1, à la façon ordinaire. Le relais R_2 est intercalé dans le même circuit principal que le relais R_1. Il est muni d'une armature neutre ou en fer doux; il répond avec la même exactitude aux courants des deux polarités, pourvu que ces courants soient suffisamment intenses pour produire dans les noyaux une aimantation capable de vaincre le ressort antagoniste de l'armature. Ce ressort est réglé de telle sorte que sa tension antagoniste soit plus forte que l'attraction magnétique qu'exerce le courant de la pile E_1 seule, mais qu'elle soit facilement vaincue par l'action du courant émis à la fois par les piles E_1 et E_2, lequel est trois ou quatre fois plus grand. Donc le relais R_2 répond uniquement aux mouvements de la clef K_2 et du transmetteur T_2 de la station de départ.

La même difficulté qui avait arrêté les premiers inventeurs s'est également présentée dans cet arrangement. Si la polarité du courant sur la ligne est renversée pendant que l'armature de R_2 est attirée vers ses pôles, cette armature se détachera un instant par suite de la cessation de la force attractive au moment où se produira ce changement de polarité, et si les communications du relais avec le parleur sont établies comme d'habitude, il en résultera de fausses interruptions qui amèneront de la confusion dans les signaux. Par l'arrangement représenté dans la figure, l'armature du relais R_2 se met en contact avec la vis d'arrêt postérieure, et une seconde pile locale L_2 actionne le récepteur S_2. On voit ainsi que lorsque le relais R_2 attire son armature, le circuit local

du récepteur S_2 est fermé par le contact postérieur du relais local S. Si, au contraire, l'armature de R_2 se relève, il faut qu'elle atteigne son contact postérieur, et y demeure un temps suffisant pour compléter le circuit du relais local S, et faire marcher ce relais avant que le récepteur S_2 fonctionne lui-même ; mais l'intervalle de suppression du magnétisme dans le relais R_2, au moment du changement de la polarité, est trop court pour permettre à l'armature de rester sur son contact postérieur assez longtemps pour affecter le relais local S ; et avec cette disposition ingénieuse, les mouvements du récepteur S_2 correspondent convenablement aux signaux transmis par K_2.

En plaçant les deux appareils de réception R_1 et R_2 dans la diagonale du pont de Wheatstone, selon le procédé breveté par Stearns le 12 novembre 1872, et en doublant l'appareil entier à chaque extrémité de la ligne, les courants transmis par chaque station n'affectent pas les instruments de réception de cette même station. Ainsi, les clefs K_1 et K_2 étant censées se trouver à New-York, leurs mouvements n'agiront pas sur les récepteurs de New-York et feront fonctionner seulement les récepteurs R_1 et R_2 de Boston.

En appliquant le système de transmission quadruple à des lignes d'une longueur considérable, on a trouvé que l'intervalle de suppression du magnétisme dans le relais récepteur R_2 (suppression qui se produit, ainsi que nous l'avons dit précédemment, à chaque renversement de polarité du courant de la ligne) est considérablement prolongé par l'effet de la décharge statique de la ligne, au point que l'artifice du relais local S ne suffit pas pour vaincre les difficultés qui en résultent. Un rhéostat ou résistance X_1 est alors intercalé dans la diagonale

du pont en même temps les récepteurs R_1 et R_2, avec une dérivation formée par le condensateur C_1 d'une capacité considérable. Entre la plaque inférieure du condensateur et la jonction du pont avec le fil de terre, est placé un électro-aimant additionnel *r*, qui agit sur l'armature du levier du relais R_2, et dans le même sens que ce dernier. L'effet de cet arrangement est tel que lorsqu'un courant d'une certaine polarité cesse, le condensateur C_1 se décharge à travers l'électro-aimant *r*, et celui-ci agissant à son tour sur l'armature du levier du relais R_2, la retient dans cette position pendant un instant avant l'arrivée du courant de polarité contraire, et sert ainsi de *pont* pour franchir l'intervalle d'interruption de magnétisme entre les courants de polarité opposée.

On voit que la combinaison de courants transmis, dans cette méthode, diffère matériellement des combinaisons employées dans les inventions antérieures. Cette combinaison de courants est la suivante :

1° Lorsque la 1re clef est fermée et que la 2e est ouverte. .	— 1 ;
2° Lorque la 2e clef est fermée et que la 1re est ouverte. .	+ 3 ou + 4 ;
3° Lorsque les deux clefs sont fermées.	— 3 ou — 4 ;
4° Lorsque les deux clefs sont ouvertes.	+ 1.

Le système que nous considérons a un autre avantage pratique d'une grande importance. Il consiste dans ce fait que la différence ou la marge de travail entre les intensités de courant nécessaires respectivement pour la production de signaux sur le relais polarisé et sur le relais neutre, peut être augmentée au degré que les circonstances rendent désirable. Dans certaines limites, les résultats pratiques sont d'autant meilleurs que cette différence est plus grande, par cette raison que la latitude de réglage du relais neutre croît directement en proportion de cette marge. Le rapport des courants respectifs

a été graduellement élevé de 1 à 2 jusqu'à 1 à 4 avec une amélioration correspondante dans la pratique de l'appareil.

Il résulte de ce qui précède qu'avant d'arriver à produire un appareil quadruple capable de fonctionner à la vitesse exigée par les conditions commerciales de l'exploitation sur les longues lignes, il était essentiel que les parties constitutives de l'appareil fussent parvenues à un certain degré de développement. Le premier pas fut fait dans la première partie de l'année 1872, lorsque la transmission simultanée en sens contraire fut pour la première fois rendue pratique sur les longues lignes par l'addition du condensateur. Il ne restait plus qu'à trouver une méthode aussi satisfaisante de transmission simultanée dans la même direction, et cela fut fait, comme nous l'avons vu, en 1874.

L'application à la nouvelle invention des diverses combinaisons existantes du duplex pour obtenir un quadruplex se présentait d'elle-même.

Il est donc clair que le mérite de l'invention de 1874 réside dans le fait d'avoir donné une méthode nouvelle, et, chose plus importante encore, une méthode pratique de transmission simultanée dans la même direction, susceptible de fonctionner sur les longues lignes, et non pas une simple application des divers systèmes duplex déjà connus, pour former un quadruplex, ce qui n'eût pas plus constitué une invention, dans le sens que donne à ce mot la loi des brevets, que ne l'eût fait l'application du principe du duplex à un appareil imprimeur ou à un appareil à cadran, au lieu du Morse, sur lequel il fut appliqué tout d'abord.

DÉTERMINATION

DES DIFFÉRENCES DE LONGITUDE

ENTRE PARIS ET MARSEILLE

ET ENTRE ALGER ET MARSEILLE.

(Mémoire de MM. Lœwy et Stephan, lu par M. Stephan en son nom et au nom de M. Lœwy, à l'Académie des sciences.)

M. Lœwy veut bien me laisser l'honneur de faire connaître à l'Académie les résultats d'un travail que nous avons effectué en commun dans le but d'obtenir, avec toute la précision que comporte l'emploi de l'électricité, les différences de longitudes existant entre Paris et Marseille, ainsi qu'entre Marseille et Alger.

Ces deux mesures font partie d'une triple opération exécutée en 1874.

A cette époque, M. le commandant Perrier venait de terminer la triangulation de l'Algérie : pour compléter ce beau travail, il restait à rattacher le réseau africain à l'ancien réseau français. M. Le Verrier pensa avec raison que cette entreprise devait être réalisée conjointement avec la détermination de la longitude du nouvel observatoire de Marseille, dont l'exécution, projetée depuis plusieurs années, avait été différée par suite des événements de 1870-1871. L'intervention du câble sous-méditerranéen apportant une difficulté dont il était impossible *à priori* d'apprécier l'importance, il semblait en effet indispensable de relier d'une manière indépendante un même point du territoire algérien à deux points du territoire français, de façon à former un triangle dont la fermeture serait une preuve d'exactitude pour l'ensemble de toutes les opérations.

Les négociations entamées à cet égard par M. le directeur de l'observatoire de Paris, avec le département de la guerre, représenté par M. le colonel Saget, ayant amené une entente complète, les observateurs désignés furent : pour Paris, M. Lœwy, membre de l'Académie des sciences; pour Alger, M. Perrier, membre du bureau des longitudes; pour Marseille, M. Stephan, directeur de l'observatoire de cette ville.

Dans la présente communication, je rendrai surtout compte de ce qui concerne les deux côtés du triangle, Paris-Marseille et Marseille-Alger. La détermination directe de la différence des longitudes entre Paris et Alger, qui a été exécutée par MM. Lœwy et Perrier, fera l'objet d'une communication ultérieure par l'un de ces messieurs.

L'emploi de l'agent électrique pour déterminer les longitudes est susceptible de nombreuses variantes, constituant autant de procédés réellement distincts et qui presque tous ont été mis en pratique. Dans le cas actuel, le choix de la méthode nous était imposé par les circonstances : d'une part, entre Marseille et Alger, le câble n'était mis à notre disposition que pendant un temps fort court; d'autre part, entre Paris et Marseille, par suite de la longueur du trajet et de la multiplicité des fils, il était à craindre que le courant ne subît pendant une soirée des variations d'intensité gênantes ou des ruptures accidentelles. Il nous parut donc indispensable d'employer une pendule à chaque station, pour les observations locales, et de comparer les pendules deux à deux par des échanges de signaux. L'emploi du chronographe étant à peu près nécessaire pour ces comparaisons chronométriques, nous résolûmes également d'adopter l'enregistrement électrique pour les observations de passages. Nous avons pu disposer de trois cercles méridiens portatifs en

tous points semblables; par suite de cette identité des instruments et de leurs modes d'installation, nous pouvions déterminer la différence de nos équations personnelles à l'une quelconque des stations, et il n'y avait pas lieu d'échanger les observateurs entre ces postes.

Tous les appareils électro-magnétiques, également pareils entre eux, nous ont été fournis avec un grand empressement par M. Bréguet. Leur agencement très-commode est dû à M. Lœwy, qui avait déjà employé une disposition très-analogue pour les longitudes de Vienne et de Bregenz. Nous considérons comme un devoir de déclarer ici combien nous sommes redevables à la grande expérience et à la sagacité de notre collaborateur, par qui notre propre tâche a été singulièrement facilitée.

Nous nous bornerons aujourd'hui à signaler les points essentiels et caractéristiques de notre procédé.

Les pièces principales de nos appareils comprenaient, outre l'instrument méridien et la pendule :

1° Un chronographe de Hipp; 2° un relais de Siemens très-sensible; 3° une boussole et un rhéostat.

Le jeu d'un simple commutateur annexé au relais nous permettait d'imprimer aux deux plumes du chronographe des déplacements automatiques simultanés et d'évaluer l'écart qui existe entre les becs de plumes, ou, en d'autres termes, de mesurer ce que l'on appelle la *parallaxe des plumes*. Or, le point capital à noter est que, pour cette détermination, le déplacement de la plume des secondes était toujours produit dans des conditions absolument identiques; par conséquent, nous possédions un terme de comparaison fixe; et, par suite, en déterminant la parallaxe des plumes qui convient spécialement à chacun des trois cas qui sont à considérer, c'est-à-dire pour le travail local, pour l'envoi des signaux à la station

étrangère et pour la réception de ceux qu'émet cette station, on a pu évaluer rigoureusement l'instant précis auquel était inscrit chaque signal.

Il est à remarquer que diverses causes perturbatrices, telles que la résistance à l'aimantation, la paresse des ressorts antagonistes, etc., que l'on peut désigner sous le nom commun d'*inertie des pièces*, sont toutes englobées dans l'évaluation de la parallaxe des plumes. Celles-ci ont toujours été fréquemment déterminées dans le cours de chaque série. Les observations ont été faites :

A Paris, dans le pavillon du jardin de l'observatoire, spécialement construit pour les opérations géodésiques;

A Marseille et à Alger, dans deux pavillons semblables, situés, le premier dans le jardin de l'observatoire, le second sur un plateau dominant Mustapha supérieur, non loin de la colonne Voirol.

A Marseille, on eût voulu s'établir à l'un des sommets de premier ordre du réseau géodésique ancien; mais aucun ne s'est trouvé remplir les conditions voulues. Ces points sont au nombre de trois, savoir :

Le signal de Tabouret; l'ancien phare de Planier; le sommet de la montagne, dit Teste de Carpiagne.

Le premier point a été rejeté à cause de son éloignement de la ville; le second, à cause de l'impossibilité d'y faire aboutir les câbles télégraphiques; quant au sommet de Carpiagne, il a paru présenter aussi, pour l'établissement des communications électriques, des difficultés de nature à compromettre le succès des opérations.

Les points de premier ordre étant écartés, nous pensâmes, M. Perrier et moi, que le terrain de l'observatoire offrait les meilleures garanties pour l'exécution rapide des travaux de longitude et pour la conservation d'un centre géodésique.

Du point choisi on aperçoit : le sémaphore du cap Méjean, toute la chaîne de l'Étoile, le sommet du Garlaban, le pic de Bretagne, la Teste de Carpiagne et le sanctuaire de Notre-Dame-de-la-Garde.

Les observations de passages relatives aux longitudes comprennent :

Pour Paris-Marseille, neuf soirées réparties entre le 24 septembre et le 8 octobre, M. Lœwy observant à Paris et M. Stephan à Marseille; pour Alger-Marseille, dix soirées réparties entre le 29 octobre et le 8 novembre, M. Lœwy observant à Alger et M. Stephan à Marseille.

Chaque soir ont eu lieu, pour la comparaison des pendules, deux séries d'échanges comprenant chacune 120 signaux envoyés en nombre égal par les deux stations.

Ces deux séries d'observations sont encadrées entre trois groupes de déterminations de la différence des équations personnelles portant sur 420 étoiles. Il résulte de ces comparaisons que la différence des équations personnelles de MM. Lœwy et Stephan est restée complétement invariable entre le 12 septembre et le 15 novembre. La valeur de cette différence est de $0^s,11$; par là il faut entendre que M. Stephan note les passages $0^s,11$ plus tôt que M. Lœwy.

L'échange des signaux entre Paris et Marseille n'a point offert de difficultés sérieuses; mais il n'en a pas été de même pour les transmissions entre Marseille et Alger.

On sait que, pour communiquer par les câbles sous-marins de grande longueur, les compagnies télégraphiques n'emploient que des courants d'une extrême faiblesse; ainsi, entre Alger et Marseille, les piles usuelles sont réduites à 3 ou 4 éléments Callaud. L'excessive mobilité du petit miroir porté par l'aimant du galvanomètre Thom-

son le rend sensible à l'influence de ce faible courant. Or l'Administration française nous imposait l'obligation de nous restreindre aussi à des piles très-peu énergiques; le maximum toléré était de 10 éléments Callaud.

Cette force minime suffit, malgré nos premières craintes, pour faire mouvoir la palette de nos relais Siemens; mais il subsistait une autre difficulté plus grave :

Un câble immergé de grande étendue ne se comporte pas avec le flux électrique comme un conducteur aérien; il se charge avec rapidité comme un condensateur, et conserve cette charge assez longtemps; de telle sorte que, après quelques émissions de courants, les signaux ne passent plus.

Dans la pratique ordinaire, cette circonstance n'offre aucun inconvénient : le manipulateur usité par les lignes télégraphiques permet d'envoyer dans le câble le courant positif ou le courant négatif, et ces émissions alternatives ont lieu forcément, parce que l'un des courants correspond aux points, tandis que le courant de sens contraire correspond aux traits de l'alphabet Morse.

Nous fûmes obligés d'adopter un dispositif analogue. Après chaque signal produit par le courant principal, nous lancions dans le câble un courant très-faible de sens contraire, suffisant pour neutraliser la charge, mais impuissant à produire un signal. Grâce à cette précaution, l'échange des signaux put s'accomplir très-régulièrement : le double mouvement comprenant l'envoi du signal et l'émission du courant contraire n'allonge l'opération que d'une manière insignifiante.

Lorsque l'on rendra compte des échanges directs des signaux entre Alger et Paris, on verra que cette troisième partie des opérations a présenté des difficultés

beaucoup plus sérieuses; mais, après des tâtonnements, on est également parvenu à en triompher.

Chaque station était munie d'une mire à long foyer. L'azimut très-stable de chacune de ces mires a été déterminé par l'ensemble de nombreuses observations de polaires.

Chaque soir on a effectué trois ou quatre retournements et observé autant que possible le nombre d'étoiles dans les deux positions.

Dans les réductions, on a fait usage des formules connues de Bessel.

Les valeurs individuelles fournies par les différentes soirées se trouvent tellement concordantes entre elles, que leur mode de groupement ne peut pas avoir une grande influence sur la conclusion définitive. Néanmoins chaque valeur partielle a été affectée d'un poids pour l'appréciation duquel nous avons suivi les règles du calcul des probabilités, en nous efforçant d'établir une distinction rationnelle entre les diverses causes d'erreur accidentelles ou systématiques. On a ensuite formé la moyenne pondérée des valeurs individuelles.

Nous avons ainsi trouvé :

1° Pour la différence des longitudes entre les deux instruments de Paris et de Marseille. . . . . $12^m\,13^s,430 \pm 0^s,009$

2° Pour la différence des longitudes entre les deux instruments d'Alger et de Marseille. . . . . . . $9^m\,23^s,219 \pm 0^s,009$

La différence $2^m\,50^s,211$ de ces nombres exprime la différence des longitudes de Paris et d'Alger. Or, par une mesure directe, MM. Lœwy et Perrier trouvent, pour ce côté du triangle, $2^m\,50^s,217$, nombre qui diffère du nôtre de $0^s,006$. Nous devons remarquer, il est vrai, que le nombre de MM. Lœwy et Perrier n'est pas tout à fait définitif; il a été calculé sans avoir égard aux poids des

divers échanges, mais l'intervention des poids ne peut changer le résultat que de 0ˢ,001 ou 0ˢ,002.

L'accord dépasse donc de beaucoup ce que l'on pouvait légitimement espérer et montre quel degré de confiance on doit accorder à nos résultats. Nous pouvons dire que notre triangle se ferme complétement.

La différence de longitudes entre le nouveau cercle méridien de Marseille et la méridienne de Cassini est

$$L = 12^{m} 13^{s},613 \pm 0,009.$$

Comme complément du travail dont nous venons d'indiquer les résultats, il nous reste à faire connaître les valeurs que nous avons trouvées pour les vitesses de transmission des signaux entre Paris et Marseille, ainsi qu'entre Marseille et Alger.

Il ne s'agit point ici de conclusions générales, et nous ne prétendons pas évaluer la vitesse proprement dite de propagation de l'onde électrique; c'est là une question qui divise encore les physiciens; mais nous pensons que les nombres auxquels nous sommes parvenus représentent avec un grande exactitude l'ensemble des retards éprouvés en chemin par un signal, dans les conditions où nous étions placés, déduction faite du temps perdu par les plumes; car, dans nos expériences, l'effet total des causes perturbatrices pouvant influencer le mouvement des plumes a été évalué, pour chaque cas, dans les conditions où les signaux ont été échangés.

Si nous voulions traiter la question de la vitesse de propagation de l'onde électrique dans les conducteurs, il faudrait rappeler les remarquables expériences exécutées en 1834 par Wheatstone, et plus tard, en 1850, par MM. Fizeau et Gounelle. On sait que Wheastone a obtenu, pour l'électricité des machines, 460.000 kilomètres par

seconde, et que MM. Fizeau et Gounelle ont trouvé, pour l'électricité des piles, 100.000 kilomètres, tandis que, dans des expériences plus récentes et analogues aux nôtres, on descend à des chiffres beaucoup plus faibles; ainsi :

Entre Washington et Saint-Louis, M. Gould trouve. . .	25.000 kilom.
Entre Greenwich et Édimbourg, on obtient.	12.000 —

Entre Genève et Neuchâtel, MM. Hirsch et Plantamour trouvent, par l'emploi des courants induits, 18.400 kimètres, et 13.900 avec les courants ordinaires.

Quant à nous, nous trouvons, comme retard de transmission supposé égal pour l'aller et pour le retour :

Entre Paris et Marseille. . .	0s,024	pour un parcours de. .	863 kilom.
Entre Alger et Marseille. . .	0s,233	—	926 —

De là on déduit, pour la vitesse de transmission des signaux, en une seconde :

A travers le conducteur aérien.	36.000 kilom.
A travers le câble.	4.000 —

Le premier de ces nombres est peu différent de celui qu'ont trouvé MM. Michel et Walker dans des expériences qui ont fait l'objet d'une importante discussion de la part de M. M. Fizeau (*Comptes rendus*, t. XXXII).

On attribue l'infériorité du second à des effets de condensation analogues à ceux de la bouteille de Leyde, mais on ne doit pas perdre de vue que ces nombres se rapportent à des conditions très-différentes, puisque, sans parler des autres circonstances, la pile employée entre Paris et Marseille renferme 120 éléments, tandis que la pile employée entre Marseille et Alger n'en contenait que 10.

CHRONIQUE.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

Prix Gegner pour 1876.

La commission chargée de décerner le prix Gegner, pour l'année 1876, a choisi M. Gaugain, déjà lauréat des années précédentes, qui, par d'excellents travaux poursuivis depuis vingt-cinq ans, dans des circonstances souvent difficiles, a paru réunir à un haut degré les conditions désirées par le fondateur.

M. Gaugain, présenté deux fois par la section de physique comme candidat à l'une des places vacantes dans son sein, est bien connu de l'Académie. Il serait superflu d'énumérer ici tous ses titres scientifiques : ils ont été analysés dans une notice distribuée par M. Gaugain, au moment de sa candidature.

Nous nous bornerons donc à rappeler les principaux résultats dont la science lui est redevable :

1° *Mémoire sur les tourmalines.* — Dans ce travail, publié en 1856 par les *Annales de chimie et de physique*, M. Gaugain a établi les lois de la production d'électricité par la variation de température des tourmalines. Il a montré qu'un cristal de tourmaline se comporte exactement comme une pile ordinaire à grande résistance. La quantité d'électricité qui s'écoule d'un pôle à l'autre, quand on les réunit par un fil extérieur, dépend uniquement de la variation de température et non de la vitesse de réchauffement ou de refroidissement.

M. Gaugain a imaginé pour ces recherches un petit appareil, l'électroscope à décharges, qui a été souvent utilisé depuis.

2° *Mémoires sur les couples thermo-électriques.* — M. Gaugain a vérifié sur de nombreux exemples des lois fort importantes dues à Volta et à M. Becquerel, et étudié d'une manière très-exacte le phénomène de l'inversion du courant découvert par M. Becquerel et dont il a signalé un grand nombre de cas nouveaux.

3° *Étude des condensateurs électriques.* — M. Gaugain a vérifié, par des méthodes simples et ingénieuses, les lois connues de la condensation électrique, en signalant, le premier, un rapprochement remarquable, justifié depuis par la théorie, avec les lois de la propagation des courants.

4° *Propagation de l'électricité dans les conducteurs médiocres.* — M. Gaugain a vérifié les lois de Ohm à l'aide de fils de coton et de son électroscope à décharges, en prenant pour source d'électricité des condensateurs dont il mesure le potentiel par un électroscope.

M. Gaugain a consacré à cette importante question trois mémoires insérés dans les *Annales de chimie et de physique*, et fort remarqués par les physiciens.

5° M. Gaugain a inventé plusieurs appareils nouveaux; nous citerons particulièrement l'étude de la boussole des tangentes, qui l'a conduit expérimentalement à en modifier les dimensions de manière à obtenir une précision très-supérieure à celle qu'elle avait pu donner jusque-là. La théorie justifie pleinement, comme Bravais l'a prouvé dans un beau mémoire, les conclusions expérimentales de M. Gaugain.

6° M. Gaugain a étudié avec un soin particulier les divers procédés d'aimantation et la distribution du magnétisme; ses travaux sur cette partie très-épineuse de la science ont été à plusieurs reprises présentés à l'Académie, et nos *Comptes rendus*, dans cette année même, en ont publié d'intéressants extraits.

M. Gaugain poursuit ses travaux, et le prix Gegner, en l'aidant à en supporter les dépenses, sera pour lui un nouveau et précieux témoignage de l'intérêt avec lequel l'Académie a constamment suivi ses recherches. (*Comptes rendus.*)

Sondages en mer profonde

par la photographie et l'électricité.

Le docteur Neumayer a présenté à la Société géographique de Berlin un appareil photographique et électrique remarquable, pour déterminer la température et la direction des courants, à une profondeur déterminée dans la mer. Il consiste en une boîte de cuivre hermétiquement fermée et à laquelle est attaché un appareil ressemblant à une girouette ou à un gouvernail. Cette boîte renferme un thermomètre et une aiguille magnétique; derrière chacun de ces instruments est placé un papier photographique très-sensible, et devant chacun d'eux est placé un petit tube à vide contenant de l'azote raréfié. La boîte renferme également une petite bobine d'induction. Quand l'appareil est descendu à la profondeur voulue, le gouvernail lui fait prendre une direction parallèle au courant régnant, et par suite une direction définie par rapport à celle de l'aiguille intérieure. Le thermomètre prend en même temps la température de l'eau environnante et reste stationnaire; à cet instant on envoie dans la boîte un courant électrique qui, par le moyen de la bobine d'induction intérieure, illumine le petit tube à azote dont la flamme violette, qui a un pouvoir photographique intense, imprime en trois minutes environ la position de l'aiguille et la hauteur de la colonne de mercure sur le papier préparé. Le courant est alors interrompu, l'appareil remonté, le tracé photographique fixé, examiné et enregistré.

(*Telegrapher* du 8 janvier 1876.)

Machine à écrire.

A l'une des dernières séances de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale, M. Laboulaye a présenté à la Société, au nom de M. Norris, une machine à écrire (*typewriter*) de M. Remington, qui a eu un très-grand succès en Amérique depuis quelques années, qui est déjà assez répandue en Angletere et qui fait maintenant son apparition en

France. Le conseil de la Société a pu apprécier, l'année dernière, la clarté dans la lecture, qui résulte de son emploi, lorsqu'il a reçu, le 11 février 1876, de M. Laurence Smith, l'un de ses correspondants, un intéressant mémoire sur les puits à gaz de la Pensylvanie, qui était écrit avec cet appareil.

Le problème à résoudre est le même que celui dont l'appareil télégraphique de Hughes donne une solution. Il s'agit de faire apparaître les caractères divers de l'alphabet qui sont successivement nécessaires, toujours en un même point où ils s'impriment, et, à chaque impression, de faire marcher en ligne droite la feuille de papier d'un intervalle égal à la largeur d'un caractère, pour qu'ils soient tous rangés à la suite et forment des mots. Il en résulte que l'appareil est composé de deux parties : un chariot cylindrique portant le papier et avançant, suivant son axe, d'un pas égal à la largeur d'un caractère, chaque fois qu'on agit pour faire paraître une lettre, et une deuxième partie qui est destinée à faire mouvoir les types. Le chariot, arrivé à la fin de la longueur d'une ligne, fait sonner un timbre qui avertit l'exécutant, lequel remonte le chariot à sa position d'origine, ce qui n'a lieu qu'en lui faisant faire un mouvement de rotation égal à la largeur d'un interligne. Après l'avertissement de la sonnette, le chariot peut encore avancer d'un ou deux crans, afin qu'on puisse finir la syllabe commencée si cela est nécessaire.

La deuxième partie de l'appareil est un clavier dont les touches, rangées sur quatre lignes de profondeur, font mouvoir, par un mécanisme de leviers et ressorts, des marteaux dont les axes de rotation sont rangés autour d'un cercle et qui forment ensemble une surface conoïde. Chacun de ces marteaux porte à son extrémité libre un type présentant une des lettres de l'alphabet en petite majuscule, ou bien un signe orthographique ou numérique. Lorsqu'une touche est frappée, le marteau se relève vivement jusqu'au centre du cercle des axes des marteaux et y apporte avec choc le caractère dont il est muni.

Ce choc s'exerce sur un ruban constamment encré qui se déroule entre les marteaux et le chariot sur lequel est le papier, et il y imprime ainsi la lettre que présente le marteau.

Des précautions diverses ont été prises pour assurer la ré-

gularité de l'impression et des interlignes, la marche toujours égale du chariot, c'est-à-dire du papier, à chaque lettre, une remise en place prompte et facile du ruban qui porte l'encre devant les types, celle du papier à l'origine des lignes ou aux alinéa, etc., etc.

Il résulte de toutes ces dispositions habilement combinées, qu'un exécutant, au bout de trois à quatre jours d'étude, peut tracer avec cette machine quarante à cinquante mots à la minute, et, lorsqu'il est habile, quatre-vingt-dix mots à la minute, tandis qu'un expéditionnaire ordinaire, habile, écrit rarement plus de vingt-cinq à trente mots. Il y a donc à la fois une netteté très-précieuse dans l'écriture et une promptitude d'exécution que la main de l'écrivain ne pourrait jamais atteindre, même en sacrifiant la régularité et la lisibilité de l'écriture.

Enfin cet appareil donne encore un résultat d'un grand intérêt. Si au lieu du papier ordinaire on place sur le rouleau du chariot une succession de feuilles minces séparées par des feuilles de papier noir à décalquer, le choc des caractères portés par les marteaux sera assez puissant pour traverser ce matelas et pour faire écrire la lettre sur chacune de ces feuilles. On peut donc avoir à la fois cinq, six et même, dans de bonnes conditions, jusqu'à seize copies de la même écriture. (*Journal officiel.*)

Plume électrique d'Edison (*).

(Exposition de Philadelphie, *Annales industrielles* du 17 décembre 1876.)

La plume électrique sert à écrire ou à dessiner sur une feuille de papier, au moyen d'une série de pointillés très-fins. La feuille ainsi préparée permet alors de tirer à un grand nombre d'exemplaires le texte primitif. On obtient dès lors le même résultat qu'avec la lithographie ou l'autographie, mais avec un matériel infiniment moins encombrant, très-maniable, et dont l'emploi n'exige ni adresse, ni connaissances spéciales. L'exposition de Philadelphie renfermait plusieurs de ces appareils, visibles dans le *Main-Building* (bâtiment prin-

(*) Voir *Annales*, t. III, p. 510.

cipal), et journellement employés à écrire et à tirer, à plusieurs centaines d'exemplaires, des notices, prospectus, programmes de concert, etc.

La direction américaine des postes assimile aux matières de la troisième classe les écrits obtenus par ce procédé, ce qui leur permet de circuler au prix de 1 centième de dollar par poids n'excédant pas une once.

L'outillage, pour ce mode d'écriture et de reproduction, comporte trois parties distinctes qui, par leurs faibles dimensions, peuvent prendre place sur une table ou un bureau ; ce sont :

1° Une pile;

2° Le porte-plume ou, plus exactement, le poinçon électrique;

3° La presse, ou cadre à tirer les épreuves.

La pile se compose ordinairement de deux éléments au bichromate de potasse, les zincs et les charbons attachés aux couvercles pouvant être soulevés et sortis du liquide lorsqu'on ne se sert plus de l'appareil; un support les maintient alors au-dessus des vases de bichromate. Une corde en gutta-percha, contenant deux fils de cuivre, conduit l'électricité fournie par ces deux éléments à la plume ou poinçon électrique. Ce petit instrument, partie essentielle du système, se compose d'une tige au sommet de laquelle est fixée une petite machine électromotrice, en miniature, formé d'un électro-aimant devant lequel tourne, à une vitesse considérable, une armature en fer doux. Sur l'arbre qui porte cette armature est porté un excentrique qui donne un mouvement alternatif à un style logé dans l'axe du porte-plume. On ne saurait donner une idée plus exacte de cet instrument qu'en le comparant à un crayon Faber dont la mine serait remplacée par une aiguille rentrant et sortant avec une vitesse de plusieurs mille coups par minute et une course très-petite. Cette aiguille est d'ailleurs terminée par une pointe extrêmement fine. On conçoit dès lors aisément que si l'on se sert de cet instrument pour tracer un dessin quelconque, de l'écriture, etc., sur un papier qu'on aura eu soin de poser sur un coussin un peu mou, drap ou papier buvard, il produira sur cette feuille de papier, non pas un trait continu, mais une

suite de petits trous excessivement rapprochés. Le poncif ou transparent ainsi obtenu sert alors à tirer les épreuves de la manière suivante : on fixe cette feuille dans un petit cadre mobile, à charnière, autour d'une de ses arêtes. Ce cadre étant soulevé, une feuille de papier blanc est placée sur la tablette de la presse; on rabat le cadre et l'on passe sur la feuille ajourée un rouleau encré avec de l'encre d'imprimerie ordinaire. Pour la première épreuve, il est utile de passer cinq à six fois le rouleau; pour les suivantes, un passage, aller et retour, suffit. On arrive à une rapidité très-grande de reproduction. L'encre, passant par les milliers de trous qui constituent le tracé de l'écriture ou du dessin, le reproduit sur la feuille de papier blanc. On retire cette feuille pour la remplacer par une autre, et ainsi de suite. Si le papier primitivement employé est de bonne qualité, on peut tirer de la sorte un nombre considérable d'exemplaires, plusieurs centaines et même jusqu'à mille, nous a-t-on assuré.

PAUL REGNARD,
Ingénieur.

Une plante électrique.

La *Gazette horticole de Nicaragua* publie quelques renseignements sur une plante, de la familles des phytolaccées, qui croît en ce pays et qui possède des propriétés électro-magnétiques.

Quand on en coupe une branche, la main éprouve une sensation aussi vive que s'il s'agissait d'une batterie Rumkhorff. Surpris de ce phénomène, l'auteur fit une expérience sur la plante à l'aide d'une petite boussole; à sept ou huit pas, l'influence de la plante se faisait déjà sentir.

La déviation de l'aiguille était en raison de la distance; plus on s'en rapprochait, plus ses mouvements devenaient saccadés, et enfin, quand l'instrument fut placé au milieu du buisson, les mouvements se transformèrent en une rotation accélérée.

Le sol sous-jacent ne contenait aucune trace de fer ni d'autres métaux magnétiques; il n'y a donc pas à douter que cette qualité ne soit inhérente à la plante même.

L'intensité du phénomène varie suivant les heures du jour. La nuit, elle est presque nulle. C'est à deux heures de l'après-midi qu'elle atteint son maximum. Par les temps d'orage, sa puissance augmente; quand il pleut, la plante se fane. L'auteur n'a jamais vu d'oiseaux se percher ni d'insectes se poser sur le *phytolacza electrica*.

(*Journal officiel.*)

Appareil pour produire les signaux de nuit
dans la marine allemande.

Un réservoir d'air alimenté au moyen d'une pompe de compression est relié par un tube de communication à un réservoir de plus petites dimensions. Le jet d'air qui s'échappe avec force du tube entraîne avec lui et projette une pluie très fine de pétrole dans une flamme d'alcool. La flamme obtenue par ce procédé présente un éclat très-brillant. Une soupape sert à régler l'arrivée et l'entraînement du pétrole. On peut, en combinant des éclats de brève ou de longue durée, reproduire conventionnellement des lettres ou des chiffres. La théorie de ces combinaisons est analogue à celle de l'alphabet du télégraphe Morse. Trois hommes suffisent à la manœuvre de l'appareil, qui est d'un transport facile.

(*Revue maritime et coloniale.*)

L'unification de l'heure
dans les grandes villes.

Le 25 février dernier, les autorités de Vienne (Autriche) ont inauguré une nouvelle et intéressante application des tubes pneumatiques, comme moyen de maintenir entre les horloges publiques, souvent très-éloignées les unes des autres, une régularité parfaite dans l'indication de l'heure, de la minute, et, au besoin, de la seconde. L'inventeur de ce progrès est un ingénieur électricien, M. E. A. M. Mayrhofer, qui, après avoir vainement essayé pendant trois ans de résoudre cet important problème à l'aide de l'électricité, s'est définitivement arrêté au

système hydraulique. D'un bureau central, relié à l'Observatoire impérial, partent les tubes pneumatiques fixés aux conduites principales de gaz, et s'embranchant sur les horloges publiques. Un appareil très-simple, adapté à ces horloges, permet au directeur du bureau central de faire marquer la véritable heure astronomique à tous les cadrans de la ville, par un mouvement qui se produit de minute en minute. Jusqu'ici ce mécanisme ne règle que les horloges des places; mais il s'étendra bientôt aux horloges de toutes les écoles, des institutions publiques, des hôtels et des résidences particulières qui le désireront.

(*Les Mondes.*)

Nouvel alliage de fer.

Sideraphthite est le nom d'un nouvel alliage de fer, qui est composé de 66 parties de fer, 23 de nickel, 4 de tungstène, 5 d'aluminium, 5 de cuivre. Il résiste à l'hydrogène sulfuré, il n'est pas attaqué par les acides végétaux, et ne l'est que légèrement par les acides minéraux. Il est réellement plus utile que l'argent, et il peut être préparé à moindres frais que l'argent allemand. On assure que le fer inoxydable, comme est appelé celui-ci, remplacera parfaitement les alliages, qui ont besoin d'être argentés pour empêcher qu'ils ne s'oxydent.

(*Les Mondes.*)

Observations sur la durée des traverses *en bois imprégné.*

A la dernière réunion de l'Association des ingénieurs des chemins de fer allemands, qui a eu lieu à Constance fin juin de cette année, le conseiller secret, M. Funck, a fait, sur la durée des bois imprégnés, quelques communications très-intéressantes.

Des expériences qui ont été entreprises en partie sur la ligne de Cologne-Minden et en partie sur la ligne du Hanovre, il résulterait que le remplacement des traverses a dû être opéré dans les proportions suivantes :

31 p. 100 au bout de vingt et une années de service pour des traverses en pin injectées au chlorure de zinc;

46 p. 100 au bout de vingt-deux années de service pour des traverses en hêtre injectées à la créosote;

49 p. 100 au bout de dix-sept années, avec du chêne non injecté;

20,7 p. 100 après le même laps de temps, avec des traverses en chêne injectées au chlorure de zinc.

Partout où les observations ont eu lieu, les conditions étaient des plus favorables, c'est-à-dire que la voie était faite en matériaux de première qualité.

Des échantillons pris au hasard sur les traverses qui, au bout du temps d'observation, étaient encore reconnues bonnes pour le service, offraient des sections parfaitement saines.

Comme complément à ces brillants résultats obtenus sur les voies allemandes, il ne sera pas inutile de citer les observations qui ont été faites sur une ligne autrichienne (*Kaiser Ferdinand's Nord-Bahn*).

Le remplacement a été opéré dans les conditions suivantes:

74,48 p. 100 après douze ans de service pour du chêne non injecté;

3,29 p. 100 au bout de sept ans de service pour des traverses en chêne injectées au chlorure de zinc;

0,09 p. 100 au bout de six ans pour des traverses en chêne imprégnées de goudron créosoté;

4,46 p. 100 au bout de sept ans pour pin imprégné au chlorure de zinc.

Les traverses en pin injecté dont il s'agit ici ont été posées, en 1869, sur les voies de garage de la ligne morave-silésienne. Depuis 1869 et 1870, on n'emploie plus sur la ligne du Nord (*Kaiser Ferdinand's*) que les traverses en chêne imprégnées préalablement, soit de chlorure de zinc, soit de goudron créosoté.

(*Les Mondes.*)

BULLETIN ADMINISTRATIF.

Service télégraphique de la Cochinchine et du Cambodge.

(Extrait de rapports de M. Demars, chef du service, en date des 23 mai et 25 juin 1877.)

STATISTIQUE DU SERVICE EN 1876.

Bureaux : 27 bureaux ouverts au public desservis par 56 appareils; 7 bureaux non ouverts au public (dont 6 à Saïgon, pour les services publics de la colonie, et 1 au palais du roi de Cambodge à Pnumpenh) desservis par 10 appareils.

Lignes. 2.008 kilomètres (construction de la ligne de Cantho à Soctrang).

Dépêches. 20.811 dont 13.711 intérieures et 7.100 internationales.

Personnel. — Le surveillant Goémaëre, en résidence à Pnum-Penh (Cambodge), est décédé le 18 mai. C'était un agent d'une conduite irréprochable, d'un dévouement sans bornes, et jouissant de l'estime générale. Le roi du Cambodge, appréciant ses services, l'avait nommé, sur la proposition du Gouverneur, chevalier de son ordre. Il était le seul agent de son grade ayant obtenu cette récompense. Le surveillant Goémaëre est mort entre les bras de M. Simon, chef du bureau de Pnum-Penh, qui lui a prodigué ses soins.

Travaux. — Le câble de Vinhlong (1.700 mètres) a été remplacé. L'ancien câble était tellement envasé qu'il n'a pas été possible de le relever. C'est ce qui arrive presque toujours dans les fleuves de la colonie. La vase molle, presque fluide, cède facilement sous le poids du câble qui se dépose à une

certaine profondeur peu de temps après la pose, et les arroyos charriant continuellement des dépôts terreux ou d'un autre genre, ceux-ci finissent par former un obstacle insurmontable quand il s'agit de draguer les câbles.

Un câble de 2.200 mètres a été posé au Cua-Cap, sur la ligne directe du cap Saint-Jacques à Saïgon, et un autre bout de 320 mètres dans le même endroit, sur le fil omnibus. La ligne aérienne, construite sur ces brisants, avait été arrachée par le typhon de l'année dernière. On a laissé subsister les deux fils, en sorte que les communications sont assurées par une double voie.

Le câble sous-marin reliant Amoy et Shanghaï, interrompu le 5 mai, a été rétabli le 14 du même mois.

Un phénomène électrique s'est produit dernièrement dans le bureau international du cap Saint-Jacques (*).

L'aiguille du galvanomètre Thomson, sous l'influence du courant venant de notre poste, oscillait de façon à empêcher les employés anglais de reconnaître les signaux échangés entre le cap et Hongkong (signaux produits par une pile de deux éléments Minotto). Ce dérangement était produit par le voisinage du fil de terre de notre station, ce fil n'étant enfoui qu'à 1m.20 du câble. Le fil de terre a été déplacé, et les oscillations ont disparu.

Ce dérangement était d'ailleurs intermittent. Pendant la saison des pluies, le sol devenant bon conducteur, il cessait, puis se faisait sentir de nouveau pendant les sécheresses.

La compagnie Great Eastern Extension, etc., etc., a achevé, le 9 avril, la pose d'un câble entre Penang et Rangoon. Il sera ouvert à la correspondance privée le 27 mai.

Le câble reliant Penang à Madras, traversant tout le golfe du Bengale, de l'Est à l'Ouest, était soumis, vers sa partie médiane, à un courant sous-marin très-violent, qui, le prenant normalement, le fatiguait beaucoup et pouvait, d'un moment à l'autre, amener une interruption complète, comme celle qui s'est produite en 1876. Pour supprimer les inconvénients résultant de semblables dérangements, la compagnie

(*) Voir pour des phénomènes analogues, *Annales*, t. II, p. 294, et t. IV, p. 188.

a évité le courant qui en était la cause principale en immergeant du Sud au Nord-Ouest le nouveau câble communiquant, par Rangoon, avec le grand réseau Indien. Sa longueur est de 900 milles anglais. Il a été posé par les ingénieurs Laws et Lucas avec les navires *Hibernia* et *Kanguroo.*

Le Cambodge est complétement pacifié. Les transactions commerciales, arrêtées un moment par les troubles intérieurs de ce royaume, ont redoublé d'activité et le nombre des télégrammes, partant de ce point, a augmenté dans une notable proportion.

La Géographie du Cambodge, par E. Aymonnier, vient de paraître à Paris (Ernest Leroux, éditeur). Le paragraphe suivant a trait au service télégraphique de ce pays :

« Le développement du commerce au Cambogde a reçu une « impulsion importante et favorable par l'établissement, il y « a quelques années, de deux bureaux télégraphiques desservis par le service de la Cochinchine; l'un à Phnom-Penh, « l'autre à Kampot. Une ligne descend directement de Phnom-Penh, en suivant la rive droite du fleuve postérieur, à « Chaudoc, où elle se relie au réseau de Cochinchine; l'autre « longe la route de Phnom-Penh à Kampot et de là se dirige « sur Hatien en suivant le golfe de Siam à quelques kilomètres « à l'intérieur. Une troisième reliant directement Phnom-Penh à Saïgon par Tayninh, doit être incessamment construite. L'intelligente activité de la direction et le dévouement exemplaire du personnel du service télégraphique de « Cochinchine garantissent la rapide exécution de cette ligne. « On peut entrevoir l'avenir prochain où Saïgon communiquera avec Bangkok par Phnom-Penh et Battambang. »

Naufrage du Meïkong. — Le paquebot des messageries maritimes, le *Meïkong*, parti de Saïgon le 30 mai, à destination de Marseille, s'est perdu près du cap Guardafui. Voici, sur ce sinistre, les détails télégraphiques envoyés d'Aden à Saïgon et rendus publics par l'amiral-gouverneur :

« *Meïkong* fit côte à Raschafoon, près Guardafui, le 17 juin, la nuit, par suite d'une méprise dans la route. Très-grosse mer, brisants, personnel du bord sauvé, moins deux noyés.

Bandes armées arabes pillent navire. Avons traversé 4 lieues de désert à midi, grandes souffrances, commissaire du *Meïkong* et un passager morts d'insolation. Avons été recueillis sur la côte Est par un steamer anglais. Correspondances et tout le reste perdu, sommes presque nus. »

Le *Meïkong* avait coûté 5 millions, et il avait environ 7 millions de valeurs et soieries à bord.

Légion d'honneur.

Par décret du Président de la République en date du 7 août 1877, rendu sur la proposition du ministre de l'intérieur, a été promu au *grade d'officier*, M. Bergon, directeur des 1[re] et 2[e] régions télégraphiques;

A été nommé au *grade de chevalier*, M. Guérin, inspecteur des lignes télégraphiques à la Rochelle.

Par décret en date du 7 août 1877, rendu sur la proposition du vice-amiral ministre de la marine et des colonies, a été nommé au *grade de chevalier*, M. Bolot de Chauvillerain, chef du service télégraphique au Sénégal.

PERSONNEL.

PROMOTIONS ET MUTATIONS.

MM. Miége.	Inspecteur de 4e cl. de	Chartres. . . .	à	Valence.
Corréard.	Sous-Inspecteur . .	Grenoble. . . .		Marseille.
Charlier de Chily. .	Chef de tr. pp. 2e cl.	Castres.		Ajaccio.
Lecomte.	Chef de trans. 2e cl.	Paris.		Sedan.
Vittenet.	*Id.*	Lyon.		Chaumont.
Desage.	*Id.*	Paris.		Melun.
Soulé.	Commis principal.	Mazamet. . . .		Saint-Hippolyte-du-Fort.
Roulier.	*Id.*	Péronne. . . .		Châtellerault.
Lemasson.	*Id.*	Lyon.		Dijon.
Le Muet.	*Id.*	Paris.		Reims.
Perdoux.	*Id.*	Paris.		Orléans.

Promotions.

Directeur de région (2e *classe*).

M. Raymond.

Inspecteurs de 1re classe.	*Inspecteurs de 2e classe.*
MM. De la Taille.	MM. Fabre.
De Lander.	Chauvassaignes.

Chefs de transmission principaux de 2e classe.

M. Vadot.	M. Tramond.

Commis principaux.

MM.	MM.	MM.	MM.
Guittet.	Vian.	Riotte.	Magnin.
Rabaut.	Boucher.	Levieuge.	Poggi.
Kermabon.	Féderlé.	Gaillot.	Rousselle.
Lavergne-Lavech.	Rougeot.	Espagnet.	Gunault.
Souchard.	Foix.	Falcoz.	Porcher.
Savary.	Chauveau.	Bugard.	Marlhens.
Foitet.	Bayce.	Granet.	Vergey.
Larieu.	Moulin.	Martin.	De Kerneizon.
Sénot.	Arsonneau.	Ansart.	Guimbaud.

MM.
Girod.
Guichard.
Houzeau.

MM.
Renaut.
Durut.
Lemoine.

MM.
Vasbender.
Beaugrand.
Jacobsen.

MM.
Dumas.
Lourme.
Conchard-Vermeil.

Employés de 1re classe.

MM.
Baudry.
Delmas.
Cécillon.
Vautrin.
Clément.
Colin.
Ferry.
Aubry.
Tandau.
Dossier.
Dayraud.
Ranvaud.
Bellet.
Doublet.
Payoud.
Sempé.
Baqué.

MM.
Faucilhon.
Miége.
Vitasse.
Lejeune.
Castanier.
Farand.
Boucherot.
Sabde
Lesueur.
Mahéo.
Frémin.
Pantel.
Gerbault.
Bertier.
Charlat.
Gottrant.

MM.
Bruneau.
Bellanger.
Dintilhac.
Marcelle.
Capet.
Brussaux.
Davillé.
Andrieu.
Goudrias.
Lecocq.
Boyer.
Cruchon.
Simon.
Froissent.
Boisson.
Yves.

MM.
Darcourt.
Dumont.
Krébel.
Lecherre.
Lavasselais.
Mélot.
Guérin.
Besombes.
Labbé.
Velle.
De la Presle.
Bernard.
Devred.
Kranner.
Le Tual.
Sénéca.

Employés de 2e classe.

MM.
Flandrin.
Bourget.
Cosnat.
Ravary.
Marginière.
Tallendeau.
Cardot.
Manec.
Vors.
Sabatier.
Him.
Moureau.
Cointet.
Moidon.
Fouquet.
De la Renondière.
Ladrey.
Monneret.
Cimochowski.
Busoni.
De Bellussière.
Denis.

MM.
Elloy.
Chauvet.
Pougny.
De la Porte.
Jalabert.
Defages-Latour.
Bedrines.
Pavot.
Masson.
De Carnavalet.
Bergin.
Thomas.
Roussel.
Damin.
D'Huteau.
Loch.
Dupeyrat.
Chalon.
Bailly.
Laurencin.
Soulier.

MM.
Boilan.
Vandersteen.
Malraison.
Champlon.
Astolfi.
Biteau.
Videgrain.
Bellégo.
Cazeneuve.
Brinner.
Méhault.
Queste.
Sayé.
Renard.
Butteaud.
Humbert.
Cocu.
Sieur.
Costes.
Coupat.
Joffrain.

MM.
Thibault.
Berthelon.
Bouchède.
Flusin.
Lemonnier.
Boiron.
Ferrer.
Mante.
François.
Maurin.
Varé.
Rose.
Cretin.
Christophe.
Rengnies.
Évrard.
Crapez.
Mayzou.
Boulart.
Chairay.
Grivet.

Employés de 3e classe.

MM.	MM.	MM.	MM.
Géronilhe.	Bergounioux.	Fay.	Orecchioni.
Niolat.	Hym.	Fontan-Bérié.	Pétroux.
Girardot.	Loiseau.	Meynier.	Peyraube.
Beyney.	Delpuech.	Pelle-Desforges.	Santini.
Naves.	Jeoffroy.	Perrault.	Vaxillaire.
Lavolley.	Chesneau.	Rolland.	Véron.
Mercier.	Ouradou.	Saulcy.	Roudil.
Batut.	Rozaire.	Repantin.	Albrecht.
Blancher.	Bouche.	Decormeille.	Harmant.
Chamballon.	Géringer.	Versini.	Robert.
Meurisse.	Grès.	Lainé.	Andrieu.
Guilmart.	Guidon	Ferrières.	Amalry.
Blancher.	Laget.	Scognamiglio.	De Pierrefitte.
Neurohr.	Nassieu.	Klomann.	Piedvache.
Razoux.	Praëts.	Vallance.	Lacoste.
Dubreilhoussoux.	Baticle.	Bonnet.	Beaudry.
Chapuzet.	Bourdet.	Frémin.	Mourin.
D'Autricourt.	Clérisse.	Le Guyader.	Rollando.
Payssé.	Dottory.	Mitaine.	Mauriva.
Blandel.	Faucilhon.	Noé.	Vallance.

Employés de 4e classe.

MM.	MM.	MM.	MM.
Auger.	Barolet.	Brienne.	Jacquin.
Tauril.	Contamin.	Breton.	Salat.
Turlin.	Grandmaître.	Carimantrand.	Fabre.
Petitpas.	Sombrun.	Vidal.	Rivet.
Le Flécher.	Fournier.	David.	Grilliet.
Glück.	Bellangreville.	Lhoste.	Renggli.
Eude.	Gleye.	Lafaye.	Raymond.
Porcheret.	Coliard.	Dumont.	Fau.
Fichet.	Lacrambe.	Poussé.	Piquet.
Delfieu.	Pierre.	Lebreton.	Mariette.
Tonnadre.	Ameline.	Piton.	Merle.
Leboucher.	Méder.	De Lescazes.	Huck.
Déchamp.	Sénoze.	Jacquand.	Cognord.
Travers.	Petitperrin.	Pidolot.	De Vaux.
Aubert.	Coste.	Arnal.	Pavie.
Bayol.	Trouhet.	Fleury.	Prengrueber.
Fuynel.	Maurer.		

Employés de 5e classe.

MM.	MM.	MM.	MM.
Brunot.	Boisot.	Baradel.	Wissocq.
Hamel.	Maunier.	Chamoin.	Arnoux.
Plousey.	François.	Giron.	Davé.
Cottier.	Morlot.	Bricot.	Pontoise.

MM.	MM.	MM.	MM.
Gautier.	Mèche.	Reverden.	Lions.
Macarry.	Truphème.	Galabert.	Grandcourt.
Dauvert.	Dizmier.	Baux.	Huard.
François			

Mutations.

1° En France.

MM.	Meissonnier.	Inspecteur.	de Valence. . . .	à Avignon.
	De Cazeneuve. . . .	Id.	Montauban. . .	Chartres.
	Boutard.	Sous-Inspecteur. .	Marseille. . . .	Montauban.
	Pinatel.	Chef de trans. pp^{al}.	Toulon.	Marseille.
	De Tourneuf. . . .	Id.	Chambéry. . .	Grenoble
	Savin.	Chef de transmiss.	Chaumont. . .	Paris.
	Ancel.	Id.	Cannes.	Toulon.
	Munier-Pugin. . . .	Id.	Épinal.	Paris.
	Fontenelle.	Id.	Agde.	Castres.
	Pascalis.	Id.	Montélimar. . .	Chambéry.
	Moner.	Id.	Paris.	Cannes.
	Laurent.	Id.	Paris.	Épinal.
	Debrun.	Commis principal.	La Rochelle. .	St-Martin-de-Ré.
	Crétien.	Id.	Dijon.	Melun.
	Magnan.	Id.	Marseille. . . .	Nîmes.
	Muzac.	Id.	Marseille. . . .	Agde.

2° Entre la France et les colonies.

MM.	Legate.	Employé. . . .	d'Algérie.	à Paris.
	Maquinghen. . . .	Id.	de Paris.	en Cochinchine.
	Sagot.	Id.	de Paris.	à la Guyane.
	Chalon.	Id.	d'Algérie.	à Paris.
	Delord.	Id.	d'Algérie.	à Béziers.
	Philipon.	Id.	d'Algérie.	à Lyon.
	Gillot.	Id.	de Cochinchine. .	à Vesoul.
	Houssaye.	Id.	de Paris.	à la Nouvelle-Calédonie.
	Franc.	Id.	de Paris.	à la Nouvelle-Calédonie.
	Riou.	Id.	de Paris.	à la Nouvelle-Calédonie
	Tonnadre.	Id.	de Cochinchine. .	à Pauillac.
	Picard.	Id.	d'Algérie.	à Rennes.
	De Coulgeans. . .	Surnuméraire. .	d'Angoulême. . .	en Cochinchine.

Le Gérant : PRÉVOST. — Imprimerie Arnous de Rivière, 26, rue Racine.

ANNALES

TÉLÉGRAPHIQUES

Année 1877 Septembre-Octobre

NOUVEAU MODE DE TRANSMISSION DUPLEX.

La transmission duplex, basée sur le système différentiel, présente l'inconvénient suivant : si la résistance de l'un des circuits différentiels vient à varier, le courant augmente dans l'un et diminue dans l'autre. Or ces deux effets s'ajoutent et, par conséquent, ce genre de transmission est plus affecté que la transmission simple par les variations de résistance du circuit de la ligne.

Nous avons cherché à remédier à ce défaut de la façon suivante :

Soient R et R' deux relais.

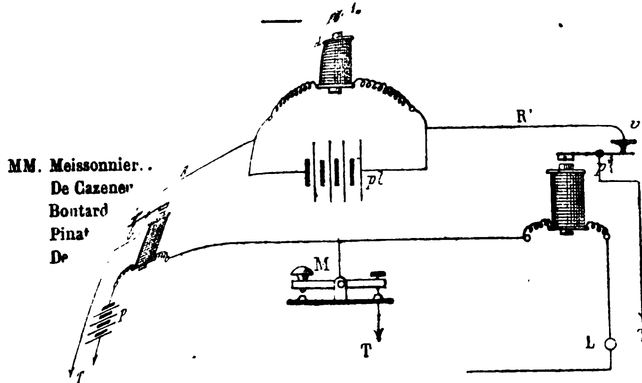
L'armature de R' est polarisée, tandis que celle de R ne l'est pas.

Soit A le récepteur dont les extrémités des bobines sont reliées, l'une à la vis *v* du relais R et au pôle positif d'une pile locale *pl*, l'autre au pôle négatif de cette pile

MM.	MM.	MM.
Gautier.	Mèche.	Reverden.
Macarry.	Truphème.	Galabert
Dauvert.	Dizmier.	Baur
François		

et p' des relais R

est facile de voir que tant



MM. Meissonnier..
De Cazener
Bontard
Pinat
De

que les deux leviers p et p' sont en contact avec les pointes v et v', aucun courant ne passe par le récepteur A, et si l'un quelconque de ces leviers vient à quitter cette position, le circuit de la pile locale est fermé dans l'appareil A.

L'une des extrémités des bobines du relais R est en communication avec la pile de ligne P et l'autre est reliée : 1° avec le levier du manipulateur M ; 2° avec l'une des extrémités du relais à armature polarisée R' dont l'autre extrémité est reliée à la ligne L. Le levier du manipulateur au repos communique avec la terre. Que ce levier soit abaissé ou relevé, aucun des deux relais ne fonctionne ; car, dans les deux cas, le circuit de la pile P est fermé à travers la bobine du relais R dont l'armature reste toujours attirée. D'autre part, le relais R' est préalablement orienté de telle façon que le passage du courant de P ne provoque pas le déplacement de l'armature polarisée p'.

poste pourra donc transmettre sans que son propre
ur reproduise ses signaux, et ce récepteur recevra
nt les signaux du poste correspondant.

s dans les deux postes présentant à la ligne des
mes noms ; si M est au repos, le courant de
n opposée produira sur R′ un effet inverse de celui
a pile P et, par suite, l'armature *p*′ se déplacera et l'appareil A reproduira dans ce cas les signaux faits par le poste correspondant.

Si les deux postes travaillent simultanément, les courants émis s'annulent et l'armature *p* du relais R cessant d'être attirée, l'appareil A reproduira encore les signaux faits par la station opposée. Les choses se passent de même à l'autre extrémité de la ligne.

Les expériences que j'ai faites au Morse ont réussi et montrent que le courant de retour ne produit pas de perturbations graves, et, en effet, la polarisation du relais R′ ayant été surexcitée par le passage du courant de la pile P, le courant de retour n'a, pour ainsi dire, d'autre effet que de rétablir le magnétisme à l'état normal.

Il semble donc que ce système ne nécessite pas absolument l'usage d'un condensateur.

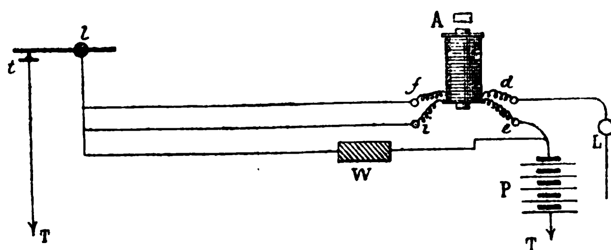
Mais, si les différentes fonctions des relais se font d'une manière satisfaisante au Morse, elles ne se produisent pas avec une rigueur suffisante pour que ce système puisse être appliqué au Hughes. On constate alors, à certains moments, des retards qu'on ne peut éviter qu'en sensibilisant beaucoup les relais, et, dans ce cas, il se produit des lettres en trop, et l'équilibre est très-instable.

Nous avons aussi essayé la disposition suivante : aux deux bouts de la ligne se trouvent un appareil transmetteur et un récepteur. Le transmetteur, figuré seulement par l'extrémité *l* du chariot, imprime mécaniquement. Le

récepteur, dont nous ne représentons que l'électro-aimant, n'a pas de chariot et ses bobines n'ont pas d'aimant, mais elles sont à double enroulement de fil. Le levier *l* du transmetteur est, au repos, en communication avec la terre par la vis *t*; il est relié en permanence avec les extrémités *f* et *i* des hélices magnétisantes du récepteur A et avec un rhéostat W dont l'autre extrémité communique avec la pile P. Cette pile est en outre reliée à l'extrémité *e* de l'une des hélices de l'électro-aimant. L'extrémité *d* de l'autre hélice est en communication avec la ligne L.

La *fig.* 2 montre que, lorsque le levier est au repos, le

Fig. 2.



circuit de la pile P est fermé localement. Une partie du courant passe par l'hélice *ie*, l'autre partie par la dérivation W qui permet d'augmenter ou de diminuer à volonté la force attractive qui maintient attirée l'armature de l'électro-aimant.

Lorsque le levier *l* du transmetteur est soulevé par un goujon, le courant de P se rend sur la ligne en traversant l'hélice *fd*, dans un sens tel que l'armature reste attirée. Il en résulte que l'on peut transmettre sans recevoir sa propre transmission.

Lorsque les deux postes transmettent simultanément, les courants s'annulent et l'armature se soulève.

Lorsque le correspondant transmet seul, son courant traverse l'hélice *fd* en sens inverse de la pile P et l'armature est encore soulevée. On recevra dans les deux cas la transmission du poste correspondant; mais le courant de retour produit également un déclanchement.

J'ai remédié dans une certaine mesure à cet inconvénient en réglant la dérivation W de façon à rendre l'aimantation produite par le circuit local inférieure à celle du circuit de ligne. Le courant de retour est alors employé à détruire l'excès de magnétisme rémanent.

J'ai réussi par ce moyen à recevoir parfaitement d'assez longues phrases; toutefois les retards ne sont pas toujours complétement évités.

Il est probable que par l'emploi d'un condensateur on obvierait à ces inconvénients.

O. Morel,

Employé à la station centrale de Paris.

LA TRANSMISSION DOUBLE

SUR LES LIGNES SOUS-MARINES.

Spécification du brevet n° 109.823; valable du 4 octobre 1875 au 27 septembre 1889, pris en France par M. Muirhead, pour perfectionnements dans les télégraphes électriques.

Dans le système télégraphique où les instruments sont combinés de façon que l'on puisse expédier et recevoir simultanément des messages aux deux bouts d'une même ligne, on a l'habitude de compenser les effets produits sur l'indicateur par les courants sortants, au moyen d'une ligne artificielle imitant ou offrant une analogie suffisante avec la ligne principale. A mesure qu'un courant entre dans la ligne principale et la traverse, un autre courant est amené dans la ligne artificielle et la traverse, et les effets sont les mêmes dans les deux lignes. Les relations des lignes avec l'indicateur à la station de communication sont telles que les courants, en ce qui concerne l'indicateur, se neutralisent approximativement.

L'objet de la première partie de cette invention est d'obtenir une compensation plus parfaite que jusqu'ici, de façon à rendre ce système de télégraphie praticable pour les longs câbles.

Chaque unité de longueur de câble (quelque petite que soit cette unité) offre au courant électrique une certaine résistance et possède aussi une certaine capacité de réception et de conservation d'une charge. Or, la ligne artificielle que j'emploie est faite pour imiter le câble à cet égard, tandis que dans les lignes artificielles employées

jusqu'ici, bien qu'on ait pu réussir à obtenir une correspondance convenable de leur résistance et de leur capacité totale avec la résistance et la capacité du câble entier, on n'y est pas parvenu dans les sections ou parties séparées qui composent la ligne artificielle, une section présentant un degré exagéré de résistance, et une autre une capacité exagérée.

Dans la ligne artificielle faisant l'objet de mon invention, la résistance et la capacité sont partout en proportions convenables sur tous les points de la longueur de la ligne. Pour cela, je procède comme il suit :

Je prends une feuille de matière isolante, de préférence du papier saturé de paraffine; je place dessus en contact immédiat une feuille d'étain découpée de façon à présenter un grand nombre de rubans étroits reliés par le bout. Par là-dessus, je place une autre feuille de matière isolante, puis une feuille d'étain entière, puis de nouveau une feuille isolante et une feuille d'étain divisée en rubans et ainsi de suite jusqu'à ce que j'aie accumulé une pile suffisante pour produire la résistance et la capacité voulues. Je réunis les rubans des feuilles d'étain de la série entière de façon à en faire le conducteur de la ligne artificielle, et que des courants électriques puissent les traverser d'un bout à l'autre. Les feuilles d'étain non divisées sont réunies ensemble et sont mises en relation avec la terre.

La résistance par unité de longueur sera naturellement plus ou moins grande, suivant que les rubans seront plus ou moins larges, et l'on peut ainsi ajuster la résistance à la capacité suivant les besoins. Il est évident que l'on peut employer des matières conductrices et isolantes autres que celles susindiquées.

En outre, je fais usage, dans la construction de ma ligne

artificielle, d'un fil métallique de matière et de dimensions convenables pour me fournir la résistance voulue. Ce fil est le conducteur de ma ligne artificielle. Pour obtenir la capacité nécessaire, je couvre le fil d'un isolateur (de préférence d'une bande de papier paraffinée enroulée autour) et sur le papier paraffiné j'enroule un ruban conducteur très-mince (de préférence en cuivre) en spirale serrée. Le fil ainsi recouvert est roulé pour l'usage sur un châssis cylindrique de grand diamètre, et la couverture métallique extérieure est mise en communication avec la terre.

Je puis aussi aplatir le fil ou conducteur intérieur de la ligne artificielle ou employer un fil creux ou d'une section autre que circulaire, comme moyen convenable d'ajuster la capacité à la résistance.

Un autre moyen de construction de la ligne artificielle est d'employer des feuilles d'étain disposées par paires séparées par un diélectrique imparfait ; j'emploie du papier saturé de glycérine ou du papier contenant une petite proportion de plombagine, et ce papier forme le conducteur de la ligne artificielle.

On peut ajuster la résistance à la capacité dans ce cas en variant la quantité et la nature de la matière entrant dans la préparation du papier et la substance du papier.

Il n'est pas nécessaire, dans la construction des lignes artificielles pour ce système de télégraphie sur des lignes sous-marines, que la résistance conductive et la capacité électrostatique soient en raison identique avec la résistance par nœud et la capacité par nœud du câble à équilibrer. On peut obtenir un équilibre convenable aussi longtemps que le produit de ces quantités est le même dans la ligne artificielle que dans le câble ; les lignes de conducteurs chargeurs de grande capacité à une puissance

donnée étant proportionnelles au produit de la résistance et de la capacité. Comme il est nécessaire d'avoir une grande surface de matière conductrice pour avoir la même capacité totale que celle de longs câbles, il est plus économique de construire les lignes artificielles avec une résistance plus grande et une capacité relativement moindre.

La seconde partie de mon invention consiste dans des moyens de supprimer les chocs qui se produisent dans les instruments récepteurs employés dans le travail double sur les lignes télégraphiques sous-marines ou autrement, résultant de l'indication des charges envoyées dans les circuits réels et artificiels. J'y parviens de deux manières :

La première, ***en combinant l'appareil de façon qu'il n'y ait aucun circuit de haute capacité immédiatement en relation avec l'instrument récepteur.*** Dans le cas du mode de travail connu sous le nom de ***système à pont***, je l'ef-

Fig. 1.

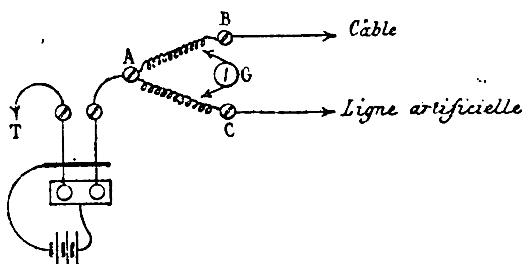
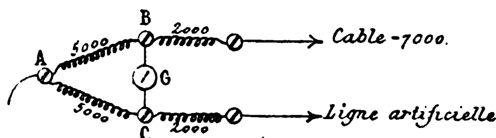


Fig. 2.



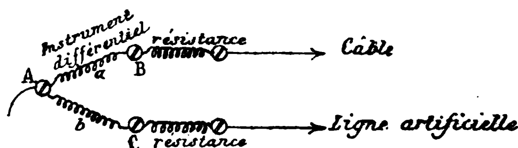
fectue soit en plaçant l'instrument récepteur entre deux

points intermédiaires dans les deux côtés du pont qui sont composés de spires de résistance, soit en introduisant des résistances de basse capacité (des spires de résistance ordinaire) entre les terminaux de l'instrument et les lignes réelle et artificielle. Les *fig.* 1 et 2 représentent cette disposition.

Si la ligne artificielle est bien ajustée, une résistance d'environ 2.000 ohms conviendra avec les autres parties du circuit de résistance, comme on le voit dans la *fig.* 2.

Avec des instruments récepteurs enroulés différentiellement, l'arrangement sera celui de la *fig.* 3.

Fig. 3.



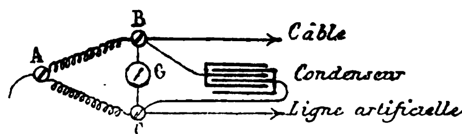
En second lieu, *par l'augmentation de la capacité, soit de l'instrument récepteur lui-même, soit des portions des circuits avec lesquelles il est immédiatement en contact.*

La capacité des spires de l'instrument est augmentée en les enroulant avec un fil ou conducteur de grande capacité. Pour cela, j'emploie du fil de métal ordinaire recouvert de soie, puis d'une bande métallique très-mince roulée en spires serrées. Ou bien j'enveloppe d'une feuille de matière conductrice chaque couche du fil isolé ordinaire en supprimant le recouvrement métallique ; ou bien encore j'applique un condensateur de petite capacité relié à l'un des bouts de l'instrument récepteur.

La *fig.* 4 représente un arrangement convenable : un condenseur d'environ deux microfarads suffira si le circuit compensateur ou la ligne artificielle est exactement ajustée.

Un autre mode consiste à construire les deux côtés du pont (voir AB, AC, *fig.* 1, 2 et 4) de manière à avoir la capacité voulue pour la réception d'une charge. On peut

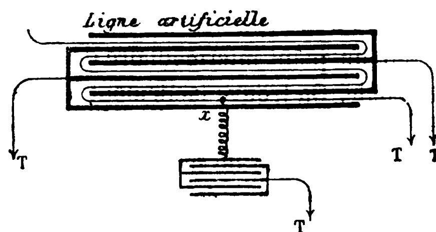
Fig. 4.



le faire en enroulant les résistances composant le pont (ou partie d'entre elles) de fil métallique recouvert de la façon ci-dessus décrite. La capacité requise n'est pas grande, et quelques microfarads suffiront si la ligne artificielle est en bon ordre.

Une autre manière que je trouve utile pour éviter les chocs dans le travail double de câbles n'ayant que des appareils insuffisants ou imparfaits pour la composition de la ligne artificielle consiste à introduire un condenseur de faible capacité à un point du circuit artificiel que l'on reconnaîtra à l'essai. La disposition est représentée dans la *fig.* 5 à *x*. Lorsque la ligne principale est défec-

Fig. 5.



tueuse, j'introduis des circuits d'écoulement à travers des résistances réglées dans la ligne artificielle. L'arrangement est indiqué *fig.* 6 à *x*, qui est un point dépendant

de la position de l'endroit défectueux de la ligne principale. Les moyens ci-dessus sont la plupart aussi applicables à d'autres systèmes de travail double, comme par

Fig. 6.



exemple ceux où les instruments récepteurs sont employés différentiellement.

On peut aussi en employer deux ou plusieurs en combinaison.

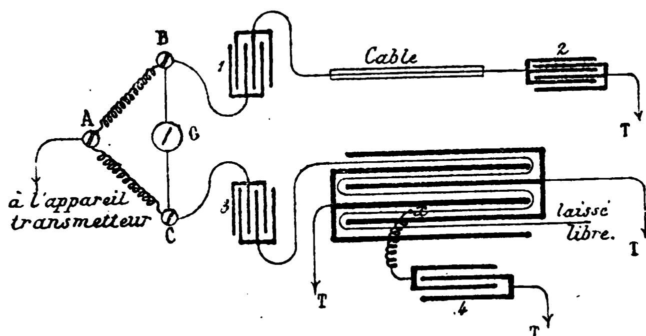
Lorsque, comme dans la manière généralement adoptée pour les longs câbles, le conducteur du câble est isolé aux deux bouts avec des condenseurs, le conducteur de la ligne artificielle pour le travail double est également isolé de la même manière; mais je trouve plus économique de laisser le bout distant du conducteur de la ligne artificielle libre, et de placer un plus petit condenseur (ayant environ un tiers de la capacité des condenseurs du bout rapproché) sur un point intermédiaire de la longueur de la ligne artificielle. On trouve facilement à l'essai le point convenable. L'arrangement est représenté *fig.* 7. Ceci constitue une autre partie de mon invention.

Suivant la dernière partie de mon invention, au lieu de placer un condenseur entre l'instrument récepteur et la terre dans le travail ordinaire, je préfère introduire une spirale de grande résistance et de grande capacité. On peut faire cette résistance avec le fil métallique ci-dessus

décrit. Dans cette méthode, une relation permanente est établie entre l'instrument et la terre par la forte résistance.

Je réclame les moyens ci-dessus substantiellement décrits me permettant d'obtenir une compensation ou un

Fig. 7.



équilibre plus parfait dans la télégraphie double par l'emploi d'une ligne artificielle où sur tous les points de sa longueur la résistance et la capacité sont dûment proportionnelles.

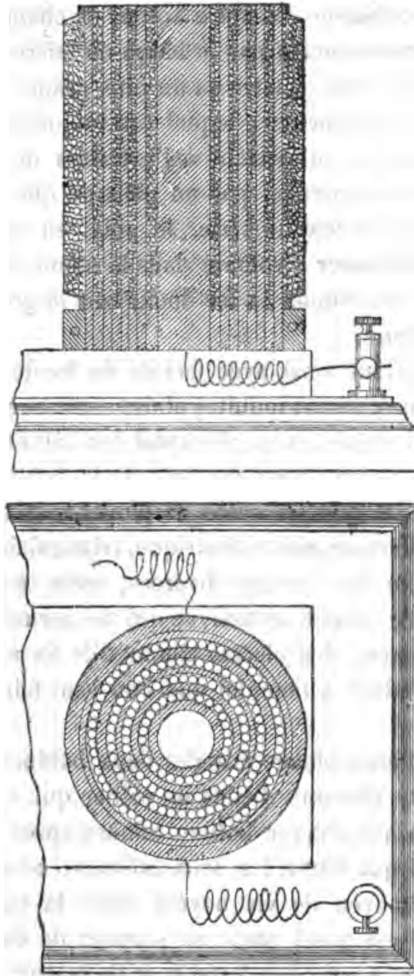
Je réclame aussi les modes substantiellement décrits de construction des lignes artificielles propres à l'usage dans la télégraphie double.

Je réclame encore les moyens substantiellement décrits d'éliminer les troubles ou chocs éprouvés jusqu'ici dans la télégraphie double ; le moyen substantiellement décrit d'opérer la ligne artificielle lorsque la ligne principale est reliée aux deux bouts avec des condenseurs, et enfin les moyens substantiellement décrits pour substituer dans le travail ordinaire une spirale de grande résistance et de grande capacité à un condenseur.

L'ÉLECTRO-AIMANT DE M. CANCE.

Mon but a été de rechercher tous les avantages que présente un courant induit sur le fer doux. La théorie et les expériences faites nous démontrant que l'influence d'un courant induit diminue à mesure que les tours en spire d'un fil conducteur s'éloignent d'un bâton ou cylindre de fer doux aimanté par cette influence, il devient par conséquent presque inutile d'augmenter indéfiniment le nombre de tours de fil autour du cylindre, puisque l'influence du courant s'en va toujours en décroissant. J'ai donc, dans ma nouvelle bobine électro-magnétique, cherché à profiter de toute l'influence du courant induit, tout en augmentant la surface d'aimantation.

Je me sers à cet effet, comme dans l'électro ordinaire, d'un bâton ou faisceau de petits bâtons centraux qui reçoit un nombre de tours du fil conducteur dans toute sa hauteur, sauf un petit intervalle au sommet et un autre à la base; rien ne montre, à mon avis, qu'il soit rigoureusement nécessaire de mettre un ou plusieurs rangs de fil adhérant à ce premier embobinage : j'en ai mis deux de préférence; après cette première opération, je place à côté les uns des autres, et adhérant ensemble, une première série de petits bâtons adhérant à leur tour au premier embobinage, et placés dans le sens longitudinal du noyau. Après cette seconde opération, j'embobine à nouveau avec le même fil conducteur cette première série de bâtons; je recommence ensuite, après un ou



deux rangs de fil conducteur embobiné, à replacer une autre série de bâtons, et ainsi de suite jusqu'à deux, trois, quatre ou cinq, et jusqu'à un nombre indéterminé de séries de bâtons et de rangs de fil conducteur inter-

calés en embobinage, en spire autour de chaque série de bâtons, en commençant par le bâton ou faisceau central, soit un, deux, trois, quatre ou un plus grand nombre de rangs de fil conducteur, lequel est toujours le même, sans être rabouté ou rattaché à l'extérieur de la bobine. Ce moyen m'est permis, par un passage que je réserve entre bâtons de chaque série. Je puis, en outre, augmenter ou diminuer à volonté dans la même bobine, soit la grosseur des bâtons de fer doux, soit la grosseur des fils conducteurs.

En intercalant ainsi avec facilité du fer doux dans le parcours d'un courant induit, j'obtiens une augmentation de surface aimantée, et, par l'emploi des bâtons, augmentation générale et à peu de frais de la bobine électro-magnétique. Je puis, en outre, employer aussi des bâtons de forme différente, soit cylindrique, triangulaire rectangulaire, enfin des formes diverses, mais toujours par petite surface comme section, ce qui me permet d'établir économiquement des électro-aimants de forme géométrique répondant à l'emploi que l'on veut faire de mon appareil.

Une fois l'embobinage fait des deux bobines, j'adapte à la base de chacune d'elles un collier qui a pour but d'aider à ce que chaque bobine adhère après la culasse ou armature qui réunit les deux bobines; ce collier est attaché au moyen de vis noyées dans la culasse. Un autre collier est aussi placé au sommet de chaque bobine; celui-ci a pour but à son tour de retenir les fils du dernier embobinage.

(*Les Mondes.*)

On lit, d'autre part, dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences* :

« M. Cance présente à l'Académie, par l'entremise de M. Th. du Moncel, un nouveau système d'électro-aimants à noyaux multiples, analogue à celui de M. Camacho (*), et dans lequel les noyaux tubulaires sont remplacés par des séries de petits bâtons de fer doux juxtaposés et enveloppant, de deux en deux, les différentes couches de spires. Ces petits bâtons de fer doux sont tous mis en contact avec la culasse de l'électro-aimant et fortement serrés à leur base par un collier de bronze, afin de faire du tout une pièce fixe et solide susceptible de toujours faire corps avec le système magnétique. Cet électro-aimant a une force considérable et a sur les autres systèmes d'électro-aimants les avantages suivants : 1° de ne conserver que très-peu de magnétisme rémanent, puisque la désaimantation des bâtons de fer s'effectue pour ainsi dire instantanément; 2° de fournir une sphère d'attraction latérale aussi étendue qu'on peut le désirer, puisqu'elle est en rapport avec le nombre des noyaux tubulaires constitués par ces bâtons de fer, et que, comme dans l'électro-aimant Camacho, l'attraction va en augmentant dans une grande proportion de la circonférence au centre du noyau; 3° d'être d'une construction beaucoup plus facile que celle des électro-aimants à noyaux multiples, puisqu'il n'y a plus à faire d'ajustement de noyaux tubulaires, et que les bâtons de fer qui en tiennent lieu se placent à la main au fur et à mesure de l'enroulement de l'hélice magnétisante.

« Les expériences faites par M. Cance sembleraient indiquer que la force de ce système, comparé à celui de M. Camacho, ne serait pas amoindrie par la division en un grand nombre de pièces magnétiques distinctes des

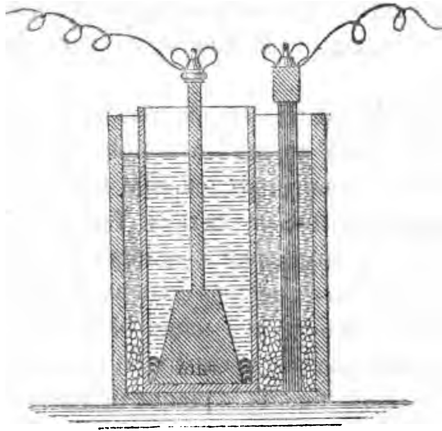
(*) Voir *Annales*, t. II, p. 307.

noyaux tubulaires, et qu'elle serait même un peu augmentée, ce qui tiendrait, suivant lui, à ce que l'action magnétique se développerait plus facilement dans des pièces magnétiques de forme droite et allongée présentant un axe magnétique défini que dans une surface cylindrique. Le seul inconvénient de ce système est de fournir des étincelles d'extra-courant un peu fortes ; mais, en employant des systèmes d'interrupteurs par dérivation en circuit court, ou des condensateurs, on pourrait s'en garantir suffisamment. »

PILE AU BICHROMATE ET A MERCURE

DE M. FULLER.

L'amalgamation des zincs est un point d'une importance capitale dans les piles à bichromate. Le but de M. Fuller a été de maintenir les zincs constamment amalgamés pendant toute leur durée.



Dans l'élément Fuller, la plaque de charbon est placée dans le vase extérieur contenant la dissolution de bichromate de potasse. Trois onces (85 grammes) de cristaux de ce sel sont placés dans chaque élément, et la dissolution est composée de neuf parties d'eau contre

(*) Voir *Annales*, t. III, p. 489.

une d'acide sulfurique. Le zinc, qui affecte la forme indiquée dans la figure, est placé dans le vase poreux; on met une once de mercure au fond de ce vase, et on le remplit ensuite d'eau seulement. L'addition du mercure est le trait essentiel de la pile, et c'est à elle qu'on doit la disparition des nombreuses objections que soulevait l'ancienne pile au bichromate. La plaque de zinc, de cette façon, reste amalgamée aussi longtemps qu'elle dure. Le résultat est que non-seulement la résistance intérieure de la pile diminue considérablement, mais encore que sa constance (la qualité essentielle de toute pile télégraphique) est assurée à un haut degré. Lorsque la pile est chargée et que les éléments sont en communication l'un avec l'autre, elle entre en action presque immédiatement, et atteint le maximum au bout de quelques heures.

Son entretien est très-simple. Sur un circuit ordinaire tel que celui d'un appareil à simple aiguille, ou d'un imprimeur modérement occupé, elle fonctionne pendant six mois sans addition de cristaux. Tant que la dissolution conservera une couleur orange, on n'aura rien à ajouter; on ajoutera quelques cristaux seulement lorsque la dissolution prendra une teinte bleue. Le seul défaut remarqué dans une pile après dix-huit mois d'essais, consiste en ce que la tige de la plaque de zinc a été mangée par suite de l'action de l'acide employé. Ce danger a été écarté d'une manière efficace en couvrant la tige d'une matière protectrice (cire, caoutchouc ou autre matière analogue). On a objecté que quand l'élément n'était pas en action, le zinc semblait être attaqué et tendait à disparaître graduellement. L'action du mercure sur le zinc peut bien produire cet effet; mais de l'amalgame ainsi formé il résultera une force électromotrice aussi puis-

sante que celle de la première combinaison; et l'intensité du courant ne diminuera pas tant qu'une bonne communication sera assurée entre cet amalgame et la portion du zinc qui reste.

La force électromotrice de la combinaison est égale à environ deux volts, c'est-à-dire qu'elle est double de celle de l'élément Daniell; la résistance intérieure, quand on fait varier l'épaisseur du vase poreux et la force de la dissolution, peut varier d'un demi-ohm à quatre ohms, selon le travail auquel la pile est soumise.

Quant au prix de revient, cette pile soutient victorieusement la comparaison avec celles dont on se sert actuellement en Angleterre. Ainsi, comparant cette pile avec la pile Daniell et supposant les deux piles employées sur un fil très-occupé, tel qu'un circuit fermé ou un circuit de block-system sur une voie ferrée, on obtient les chiffres suivants :

Pile Daniell.

Coût de 10 éléments complets et remplis.	£ 1, 2, 4	(27f,88).
Sulfate de cuivre pour six mois.	£ 1, 1, 8	(27f,11).
Renouvellement complet au bout des six mois. . .	£ 0,14,10	(17f,20).

Pile au bichromate et à mercure Fuller.

Coût de 3 éléments (équivalant à 10 éléments Daniell).	£ 0,15, 0	(17f,25).
Bichromate de potasse et acide sulfurique pour six mois.	£ 0, 3, 7	(4f,13).
Renouvellement des zincs et du mercure au bout des six mois.	£ 0, 2, 8	(3f,06).

Le prix des plaques de charbon et des vases poreux n'est pas compris dans ce compte.

Les plaques de charbon semblent être indestructibles, et l'on n'a encore aperçu aucune action locale sur elles; et les vases poreux n'ont pas paru s'écailler et craquer comme cela arrive parfois dans la pile Leclanché.

En résumé, cette pile au bichromate et à mercure paraîtra beaucoup plus économique et, à peu d'exceptions près, aussi digne de confiance que la pile Daniell.

Elle convient parfaitement aux expériences médicales et aux autres, telles que le travail des bobines d'induction, l'inflammation des fusées, l'échauffement des fils de platine, et elle réunit, tout en étant bien moins coûteuse, les bonnes qualités de la pile de Grove et le maniement facile de la pile Daniell.

(*The Telegraphic Journal*).

SUR UNE MÉTHODE

RELATIVE A LA

DÉTERMINATION DU CONTOUR DES ONDES ÉLECTRIQUES

SE PROPAGEANT

A TRAVERS LES LIGNES TÉLÉGRAPHIQUES.

PAR ROBERT SABINE (*).

(Extrait du *Philosophical Magazine* de novembre 1876.)

Pendant les quarante dernières années, diverses méthodes ont été inventées et mises en pratique pour déterminer le temps qui s'écoule entre l'émission de l'électricité à l'un des bouts d'un conducteur et l'instant où l'onde de propagation acquiert une intensité suffisante pour accuser sa présence à l'autre bout.

Sir William Thomson, dans son admirable mémoire sur la *Théorie du télégraphe électrique*, a clairement démontré que dans toute espèce de conducteur muni d'un récepteur donné, le temps nécessaire à une onde pour produire un signal dépend de l'induction et de la résistance de la ligne, ou de ce qu'on appelle le *retard de la ligne*. Il a été démontré aussi que sur une ligne donnée, ce temps dépend à la fois de la sensibilité et de la résistance de l'instrument récepteur ; en diminuant la sensibilité ou en augmentant la résistance introduite par l'instrument, on augmente le temps observé. Dans sa

(*) Voir *Annales*, t. III, p. 501.

célèbre expérience du miroir tournant, le professeur Wheatstone mesura le temps que demandait l'électricité déchargée de sa bouteille de Leyde pour acquérir une tension qui lui permît de traverser une couche d'air de 1/10 de pouce ($2^m/^m,5$) après avoir passé à travers 440 yards ($402^m,15$) de fil de cuivre. S'il avait augmenté la longueur de l'étincelle ou celle du fil de cuivre, il aurait aussi nécessairement augmenté le temps observé. Il est difficile d'espérer qu'on puisse obtenir aujourd'hui des résultats exacts en essayant de mesurer la vitesse d'une onde due à l'électricité de frottement, car la sensibilité de pareils moyens d'indication est plus de mille fois moindre que celle même d'un électro-aimant Morse. Mais la belle expérience de Wheatstone fut faite avant l'invention des électro-aimants, et quinze ans avant les débuts de la télégraphie sous-marine, d'où date une connaissance plus exacte des principes de la propagation électrique, et qui a eu pour résultat l'introduction de méthodes plus délicates. Toutes ces méthodes reposent cependant sur la même règle : un certain travail doit être accompli par le courant, soit en déplaçant un aimant, soit en neutralisant une quantité donnée d'électricité contraire; et c'est seulement quand ce travail a été complétement accompli que le courant accuse sa présence.

Il est évidemment impossible d'appeler *vitesse de l'électricité* ou même *vitesse d'une onde* le quotient obtenu en divisant la longueur du fil sur lequel on expérimente par le temps nécessaire pour obtenir un signal. Aucune détermination de temps ainsi obtenue ne serait complète si l'on n'y joignait toutes les données relatives à la résistance et à la capacité inductive de la ligne, à la résistance et à la constante de sensibilité relative de l'instrument indicateur. Dans toutes les anciennes expériences,

ces données ont été omises, et dans quelques cas, nous pouvons en avoir seulement une estimation approchée. Avec cette estimation et si nous ramenons les résultats à une ligne imaginaire ayant l'unité de résistance et l'unité de capacité inductive, nous voyons que les temps ainsi réduits concordent entre eux quand ils ont été obtenus avec les mêmes systèmes indicateurs. Quand il n'en est pas ainsi, on trouve que les temps réduits correspondent aux degrés de sensibilité relative des indicateurs employés (*).

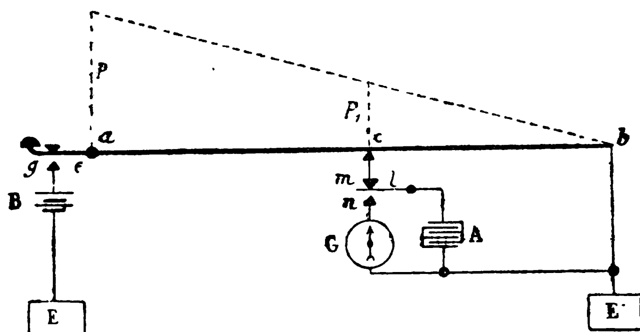
J'ai dernièrement imaginé la méthode suivante par laquelle on peut apprécier quantitativement à intervalles de $\frac{1}{1.000}$ de seconde ou moins après le départ de l'impulsion électrique, l'état électrique en un point donné d'une ligne, en sorte que le contour exact d'une onde, depuis l'instant où elle a atteint une intensité suffisante pour agir sur un galvanomètre à miroir sensible, peut être obtenu par points jusqu'à son maximum, et, s'il est besoin, jusqu'à sa disparition graduelle. Par cette méthode, il devient également possible de déterminer la vitesse d'une onde, en observant le temps que met une portion donnée de cette onde à passer entre deux points donnés de la ligne.

Voici le principe de cette méthode : — Le conducteur ou ligne, *ab* (*fig.* 1), est muni à l'une des extrémités (*a*) d'une clef de contact, ε, qu'on peut abaisser sur le butoir, *g*, ce qui ferme le circuit de la pile B, dont un des pôles est relié à une plaque de terre E; l'autre extrémité (*b*) du conducteur est attachée à une seconde plaque

(*) On peut trouver dans le *Telegraphic Journal* (1873), vol. I, p. 186, un relevé sous forme de tableau des temps réduits de toutes les tentatives anciennes de mesure.

de terre (E'). Un point intermédiaire, *c*, est mis en relation avec un butoir de contact *m*, contre lequel presse la clef (*l*).

Fig. 1.



A celle-ci vient aboutir l'une des plaques d'un accumulateur A, qui a son autre plaque reliée à la terre (E'). Un autre butoir de contact, *n*, relié à travers un galvanomètre à la plaque de terre de l'accumulateur, sert à décharger celui-ci et à mesurer le potentiel de sa charge à un moment quelconque. Le potentiel de l'accumulateur mis en relation avec le point *c*, et dont la capacité doit être petite comparativement à celle de la ligne, peut être considéré comme identique à celui de ce point; de sorte qu'en abaissant la clef *l*, l'impulsion de l'aiguille du galvanomètre indique l'état électrique de *c* au moment de la rupture du contact entre *l* et *m*. Supposons maintenant qu'un temps appréciable soit nécessaire pour qu'une onde possédant une intensité permettant de la reconnaître se rende de *a* en *c*; si la clef *e* est abaissée et amenée au contact de *g* au moment où l'on sépare *l* de *m*, il est évident que le galvanomètre restera immobile (le potentiel du point *c* n'ayant éprouvé aucun changement). Mais

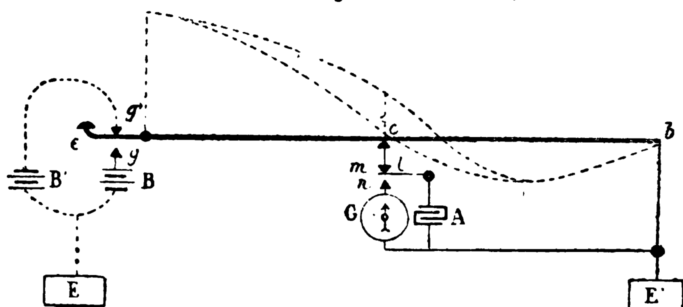
si la clef ε est maintenue abaissée un peu avant la rupture du contact entre l et m, l'électricité s'écoulera, et chaque point de la résistance ab prendra le potentiel correspondant à sa position, depuis la valeur p (en a) jusqu'à la valeur zéro (en b), comme le montre la droite inclinée de la figure. La décharge du condensateur produira alors une déviation de l'aiguille proportionnelle au potentiel p_1 du point c. Après le contact de la pile en a, chaque point du conducteur met un certain temps à atteindre le potentiel maximum correspondant à sa position. En augmentant par degrés le temps qui s'écoule entre le contact de ε et de g et la rupture de la communication entre l et m, on détermine le contour de l'onde par l'observation du potentiel qu'atteint le point c d'un intervalle à l'autre. Le point c peut évidemment occuper une position quelconque entre a et b ; cette position dépendra du galvanomètre employé ou de toute autre circonstance.

En modifiant légèrement l'expérience, on peut déterminer le temps que met pour arriver en c le point neutre situé entre deux ondes de signes contraires, et en même temps le contour de l'onde qui s'évanouit et celui de l'onde qui lui succède. Dans ce but, il est nécessaire de pourvoir la clef (ε), placée à l'extrémité a du conducteur, d'un second butoir de contact, g' (*fig.* 2), relié avec une pile B', qui fournit une électricité contraire à celle de la pile B. Le courant de cette pile (B') peut être envoyé continuellement sur la ligne jusqu'à ce que l'on transmette l'onde de la pile B, ou bien il peut seulement être envoyé pendant un court intervalle, comme lorsqu'on travaille sur une ligne avec des courants inversés.

Avec cet arrangement, quand le levier ε est abaissé, le courant de B s'écoule dans le conducteur, et, à mesure

qu'il se propage, neutralise l'électricité laissée dans le fil par B', et recharge la ligne en sens opposé. Si l'on décharge l'accumulateur avant que le point neutre ait

Fig. 2.



atteint le point *c*, le galvanomètre accusera la présence de l'électricité laissée par B'. Si le point neutre a dépassé *c*, l'instrument indiquera une électricité opposée, — celle de la pile B. Si le point neutre arrive en *c* au moment de la rupture du contact entre *l* et *m*, le galvanomètre ne bougera pas. Les courbes pointillées de la *fig.* 2 donnent une idée grossière du contour des ondes produites de cette façon.

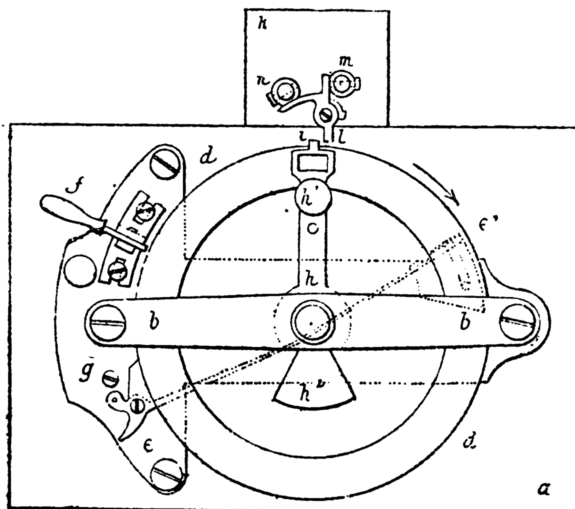
Pour obtenir des résultats avec cette méthode, il faut naturellement se munir d'un appareil qui puisse être exactement réglé de manière à interrompre à volonté le contact entre *l* et *m* à des intervalles de courte durée après qu'on a établi le contact entre ε et *g*.

L'appareil que j'emploie à cet effet, et qui, je crois, est le seul applicable à cette étude, me vient de sir C. Wheatstone; c'est le même dont je me suis servi pour contrôler les intervalles de temps obtenus au moyen de la décharge d'un accumulateur à travers une résis-

tance connue, suivant la description insérée dans le numéro de mai (1876) du *Philosophical Magazine* (*).

Cet appareil, avec les modifications qui y ont été récemment introduites, me semble d'un emploi très-avantageux pour toutes les recherches physiques dans lesquelles on a affaire à de courts intervalles de temps définis ; aussi je donnerai ici une brève description de sa construction mécanique. Sur le socle *a* est supporté, au moyen de colonnes, un pont *bb*, au milieu duquel est monté sur un pivot un disque de laiton à bord extérieur lourd (*dd*). En ε′ est fixée une lame de ressort qui s'é-

Fig. 3.



tend jusqu'en ε et qui porte à cette extrémité un cliquet monté sur une goupille. Une petite tête de vis située sur le bord du disque se prend avec le cliquet, et par cette

(*) Voir *Annales*, t. IV, p. 41.

disposition on peut tendre le ressort en arrière, en tournant le disque jusqu'à ce qu'une autre tête de vis atteigne la détente *f*, qui la met en prise. En lâchant la détente, le ressort (revenant à sa position de repos) imprime au disque un mouvement accéléré qui persiste jusqu'à ce que le ressort soit retenu par le butoir-contact *g*; là il s'arrête pendant que le disque continue librement sa révolution. La tension du ressort et la position de la détente peuvent être réglées de façon à graduer en temps la période de révolution.

Au-dessus du disque et tournant avec lui est un bras *h*, dont la position est fixée par une vis de serrage *h'*. Ce bras est terminé par un doigt *i* formant saillie. En avant du socle qui supporte le disque se trouve un second socle, *k*, qui porte une petite clef de contact, *l*, dont la course est limitée par deux butoirs *m* et *n*, et qui est maintenue indifféremment contre l'un ou l'autre au moyen d'un ressort placé de côté. La circonférence du disque est divisée en 500 parties égales, et le zéro est disposé de telle sorte que le *vernier* du bras *h* étant mis en coïncidence avec lui, le doigt *i* touche précisément la face isolée de la clef *l* (au repos sur *m*) lorsque l'extrémité ε du ressort repose contre le butoir de contact *g*. Le bras *h* étant placé dans toute autre position et le disque déclanché, l'intervalle de temps qui s'écoule entre la fermeture du contact du ressort ε avec le butoir *g* et la rupture du contact entre *l* et *m* est indiqué par la division gravée sur laquelle se trouve l'index du bras *h*. Le disque faisant deux révolutions par seconde, chacune des 500 divisions représente nécessairement $\frac{1}{1.000}$ de seconde, et l'on peut encore aller jusqu'au $\frac{1}{10.000}$ de seconde à l'aide

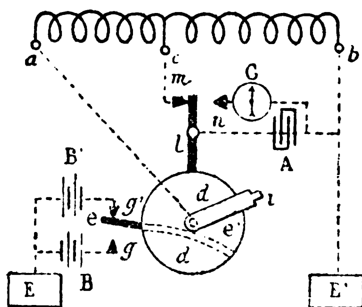
du *vernier*. On suppose naturellement que la vitesse de rotation est uniforme pendant une révolution, le retard dû au frottement étant trop minime pour être appréciable dans un temps aussi court.

La méthode primitive pour *graduer en unités de temps* cet appareil consistait à le mettre en mouvement et à noter les nombres qui passaient successivement sous le réticule d'un petit télescope lorsque le disque était éclairé toutes les demi-secondes par l'étincelle d'une bobine d'induction. La force du ressort et la position de la détente étaient réglées de façon à obtenir la vitesse voulue. Récemment, j'ai employé une manière également exacte et facile de graduer l'appareil pour la mesure du temps, en déchargeant un accumulateur à travers une résistance connue pendant un intervalle de temps indiqué par le disque et calculant la valeur de cet intervalle par la formule de perte de charge à l'aide des indications initiale et finale du galvanomètre. Si les deux espaces de temps ne concordent pas, j'agis sur le ressort jusqu'à ce que j'aie obtenu l'égalité. Cependant le ressort est très-constant, et aucun réglage n'a paru nécessaire, excepté quand on a démonté l'appareil pour y faire des changements.

La *fig.* 4 montre le plan des communications de l'appareil. Le corps du disque *dd* est relié avec l'extrémité *a* du conducteur (*acb*). Un contact *g'*, contre lequel presse le ressort ε, met en ligne la pile B' quand le disque est retenu; et un autre contact, *g*, ferme la pile B, à courant de nom contraire, lorsque le disque est déclanché. Cette disposition est employée quand on veut chercher le point neutre de deux ondes de signes contraires; mais si l'on veut déterminer le contour d'une seule onde, on supprime la pile B' et l'on relie *g'* à la terre, pour faciliter la

décharge de la ligne. L'électricité du point *c* charge A par l'intermédiaire de *m* et de *l*. Lorsque le disque tourne, le bras *i* frappe la clef *l* et la projette du butoir *m* (qui est

Fig. 4.



en communication avec le point intermédiaire *c*) sur le butoir *n*, relié avec le galvanomètre G et l'accumulateur A. L'extrémité *b* du conducteur est mise à la terre E'.

Grâce à l'obligeance de M. Willoughby Smith, j'ai pu faire quelques mesures avec cet appareil sur des longueurs de câbles en gutta-percha, récemment fabriqués par la *Telegraph Construction and Maintenance Company, Limited*, et devant être posées dans la mer Rouge. Des mesures de cette sorte sur un câble lové et revêtu d'une armature de fer ont moins de valeur que celles effectuées sur un câble immergé; mais comme la quantité de fer était relativement petite dans l'armature de ce câble, je ne pense pas que les courants magnéto-électriques produits eussent une grande intensité (*). J'espère avoir

(*) M. Culley, expérimentant sur un circuit s'étendant de Lowestoft à la Hollande et retour, ne trouva « aucune trace d'induction tenant aux fils voisins affectés au trafic ordinaire des dépêches » (*Journal Soc. Telegr. Eng.*, 1875, vol. IV, p. 64). Ce fait indique que l'effet de l'enroulement observé dans certains câbles n'est pas dû à l'induction voltaïque, mais à

l'occasion de prendre des mesures sur un câble immergé et bouclé. En attendant, je donne les résultats, plutôt comme moyen de montrer l'emploi de la méthode que pour leur valeur intrinsèque.

Exp. 1. — La longueur *ac* (*fig.* 1) se composait de 308 nœuds de câble de gutta-percha lové, et la longueur *bc* d'une résistance de fil de 3.000 ohms mise à la terre par son extrémité. La pile B consistait en dix éléments Minotto. Les impulsions de l'aiguille d'un galvanomètre à miroir donnaient lieu aux lectures suivantes, l'index (*i*) du disque tournant étant avancé de dix divisions ou plus entre chaque observation.

Intervalle de temps mesuré par le disque.	Impulsion de l'aiguille du galvanomètre.
0,001 seconde.	0 division.
0,01 »	1 »
0,02 »	2 divisions.
0,03 »	4 »
0,04 »	7 »
0,05 »	13 »
0,06 »	18 »
0,07 »	24 »
0,08 »	30 »
0,09 »	34 »
0,10 »	39 »
0,15 »	57 »
0,20 »	68 »
0,25 »	75 »
0,30 »	80 »
0,35 »	83 »
0,40 »	84 »
0,45 »	85 »

Le potentiel de la pile était représenté par 208 divisions. Le potentiel de position du point *c*, ou l'impulsion maxima (après 1 minute) était exprimée par 99 divi-

l'induction magnétique, et que l'on doit l'attribuer à la masse de fer de l'enveloppe qui, lorsque le câble est lové, agit comme un électro-aimant. Par suite, un câble contenant peu de fer dans son armature ne doit pas se conduire très-différemment suivant qu'il est enroulé ou élongé, et avec un câble sans fer le lovage n'introduira aucune différence.

sions. Par conséquent, au bout de $\frac{1}{100}$ de seconde, le point c avait atteint 1 p. 100 du potentiel correspondant à sa position, et après 1/4 de seconde, 75 p. 100.

En rapportant ces valeurs à une échelle donnée et prenant le temps et les impulsions comme les coordonnées d'une courbe, on obtient le contour de l'onde.

Exp. 2. — On avait intercalé 308 nœuds de câble lové entre a et c, bc étant une bobine de résistance de 3.000 ohms. Les deux piles B et B′ (reliées comme dans la *fig.* 2) se composaient chacune de dix éléments Minotto.

Intervalle de temps mesuré par le disque.	Impulsion de l'aiguille du galvanomètre.
0,01 seconde.	— 50 divisions.
0,05 »	— 29 »
0,10 »	+ 10 »
0,15 »	39 »
0,20 »	57 »
0,25 »	67 »
0,30 »	73 »
0,35 »	78 »
0,40 »	80 »
0,45 »	82 »

La courbe construite avec ces données montre que le point neutre passe au point c 0,085 seconde après l'inversion de la pile en a.

Exp. 3. — Entre a et c, on avait placé un câble de 114 nœuds lové; entre b et c, une bobine de résistance de 1.000 ohms. On se servait de deux piles, comme dans l'exemple précédent.

Intervalle de temps mesuré par le disque.	Impulsion de l'aiguille du galvanomètre.
0,005 seconde.	— 146 divisions.
0,006 »	— 106 »
0,007 »	— 70 »
0,008 »	— 38 »
0,009 »	0 »
0,010 »	+ 47 »
0,011 »	85 »
0,012 »	117 »
0,013 »	168 »

Exp. 4. — Mêmes arrangements que dans l'expérience n° 3, à l'exception de la résistance (*bc*), qui fut réduite à 500 ohms.

Intervalle de temps mesuré par le disque.	Impulsion de l'aiguille du galvanomètre.
0,003 seconde.	— 39 divisions.
0,004 »	— 21 »
0,005 »	— 2 »
0,006 »	+ 13 »

Par conséquent, la réduction de la résistance terminale (*bc*) à la moitié de sa valeur fait varier le moment du passage du point neutre de 0,009 à 0,005 seconde.

Exp. 5. — La résistance fut portée à 5.000 ohms, les autres choses restant d'ailleurs les mêmes que dans l'expérience précédente.

Intervalle de temps mesuré par le disque.	Impulsion de l'aiguille du galvanomètre.
0,015 seconde.	— 182 divisions.
0,016 »	— 122 »
0,017 »	— 61 »
0,018 »	+ 2 »
0.019 »	+ 78 »
0,020 »	+ 106 »
0,021 »	+ 184 »

Ce qui montre un accroissement du temps de passage correspondant à l'accroissement de la résistance terminale. Si ces résistances extrêmes représentent les résistances offertes par les bobines des instruments récepteurs, les résultats des trois dernières expériences confirment ce que nous savons déjà, qu'en augmentant la résistance de l'instrument sans augmenter proportionnellement la sensibilité, nous diminuons la vitesse de transmission.

A l'aide de deux longueurs (114 et 190 nœuds) de câble lové, je puis, sur un développement total de 304 nœuds, mettre l'accumulateur en contact avec deux

points intermédiaires, savoir *c* (à 114 nœuds de *a*) et *c'* (à 190 nœuds de *a*).

Exp. 6. — L'accumulateur fut établi en *c* (*fig.* 5), à

Fig. 5.



114 nœuds de *a*, et *b* mis directement à la terre. — Deux piles de cinq éléments chacune.

Intervalle de temps mesuré par le disque.	Impulsion de l'aiguille du galvanomètre.
0,032 seconde.	— 24 divisions.
0,033 »	— 17 »
0,034 »	— 12 »
0,035 »	— 7 »
0,036 »	— 2 »
0,037 »	+ 3 »
0,038 »	7 »
0,039 »	12 »
0,040 »	20 »

Exp. 7. — Accumulateur relié en *c'*, à 190 nœuds de l'extrémité *a*.

Intervalle de temps mesuré par le disque.	Impulsion de l'aiguille du galvanomètre.
0,045 seconde.	— 12 divisions.
0,046 »	— 10 »
0,047 »	— 7 »
0,048 »	— 4 »
0,049 »	0 »
0,050 »	+ 5 »
0,051 »	7 »
0,052 »	9 »
0,053 »	11 »

Exp. 8. — Accumulateur établi à l'extrémité du câble, à 304 nœuds de *a*, et une résistance de 100 ohms placée entre *b* et la terre.

Intervalle de temps mesuré par le disque.	Impulsion de l'aiguille du galvanomètre.
0,04 seconde.	— 7 divisions.
0,05 »	— 4 »
0,06 »	— 2 »
0,067 »	0 »
0,07 »	+ 1 »
0,08 »	2 »
0,09 »	5 »
0,10 »	7 »

Quel que soit l'effet précis de l'enroulement d'un câble sur les résultats, cet effet est probablement plus grand au premier moment que plus tard. Par suite, le temps que met le point neutre à passer au point considéré peut être, dans l'expérience 6, plus considérable que si le câble avait été immergé, moindre dans l'*expérience* 7, et encore plus faible dans l'*expérience* 8. Cependant, dans l'état, les temps au bout desquels le point neutre passait en *c*, *c'* et *b* avaient les valeurs suivantes :

Passage au point :	Temps.
c (à 114 nœuds de *a*).......	0,036 seconde.
c' (à 190 *id.*).......	0,049 »
b (à 304 *id.*).......	0,067 »

Entre *c* et *c'*, l'onde se propageait, à travers 76 nœuds, en 0,013 seconde, et entre *c'* et *b*, à travers 114 nœuds, en 0,018 seconde. Ainsi, nous pouvons dire que dans ce même câble de 304 nœuds lové, l'onde dont il s'agit s'écoulait avec une vitesse de 6.000 nœuds par seconde.

En poursuivant ces expériences, je remarquai qu'en répétant la même série, j'obtenais les mêmes résultats.

L'accumulateur employé était formé de plaques de mica avec revêtements de feuilles d'étain, le tout collé à la gomme laque. Sa capacité était de 0,33 microfarad, et sa résistance au moment des expériences d'environ 300.000 megohms. La capacité de l'accumulateur introduit une erreur, parce qu'elle exige pour être remplie

autant d'électricité qu'un mille de câble sous-marin ou que 50 à 100 milles de ligne terrestre. L'effet qu'elle produit sur la forme de l'onde est par conséquent celui d'une erreur de position de moins d'un mille sur le câble. Sur une longueur de 200 ou 300 milles, cet effet est pratiquement négligeable ; mais s'il s'agissait de mesurer des contours de courbes ou des vitesses d'ondes sur des câbles de courtes longueurs ou sur des lignes aériennes, l'accumulateur employé devrait avoir une capacité relativement petite.

Lorsqu'on emploie deux piles (c'est-à-dire quand on observe des ondes produites par des courants inversés), la seconde pile doit être introduite à l'instant même où le circuit de la première est interrompu, afin de ne pas laisser le temps à la charge du câble de diminuer. On réalisa d'abord cette condition avec deux piles de dix et de cinq éléments respectivement, reliées par pôles de même nom, de sorte que quand le courant les traversait toutes deux, la force électromotrice résultante était celle de $10 - 5 = 5$ éléments dans un sens. L'inversion était obtenue en mettant simplement en court circuit les dix éléments et laissant les cinq autres agir seuls dans le sens opposé. Cette disposition n'était pas à l'abri d'objection, et l'on adopta par la suite un arrangement au moyen duquel l'intervalle entre l'enlèvement d'une pile et l'introduction de l'autre était réduit au minimum à l'aide d'un ressort continuant le contact, et arrêté juste avant l'inversion. De cette manière l'intervalle était rendu moindre que 0,0005 seconde.

L'appareil mesurant les intervalles des contacts peut être employé de façon à imiter approximativement deux courants successifs quelconques émis dans les méthodes ordinaires de transmission ; et les vitesses et les con-

tours des ondes dans ces conditions peuvent alors être déterminés. Dans ces expériences, comme dans la télégraphie usuelle, nous pouvons négliger l'effet de l'absorption de l'électricité dans la matière du diélectrique. Pratiquement, nous avons seulement à nous occuper de ce qu'on peut appeler la *charge libre* du câble ou celle qui est susceptible de se décharger rapidement. L'électricité, qui exige un certain temps pour pénétrer dans la matière et l'abandonner, n'influence pas d'une manière perceptible la vitesse de transmission ou les contours des ondes.

En terminant, je remercie M. Willoughby Smith de m'avoir fourni les moyens de démontrer pratiquement cette méthode, et M. May de son obligeance et de son concours dans ce travail.

DES CONDITIONS NÉCESSAIRES

POUR OBTENIR

LE MAXIMUM ET LE MINIMUM D'EFFET

DES ÉLECTRO-AIMANTS.

Nous donnons quelques renseignements intéressants sur ce sujet d'après un mémoire sur les *dérivations* et leurs applications, lu à la Société des ingénieurs télégraphiques, le 24 février, par M. W. H. Preece.

On sait comment se produisent les courants induits dans les électro-aimants ou extra-courants. Si l'on prend, par exemple, une bobine télégraphique ordinaire traversée par un courant et qu'on rompe subitement le circuit en un point, on observe à ce point une petite étincelle, si le fil de la bobine a une longueur suffisante. Quelle est la cause de cette étincelle? Si l'on répète l'expérience en mettant la bobine en court circuit ou hors du circuit, on n'observe plus l'étincelle.

L'étincelle est donc due à quelque phénomène tenant au fil de la bobine. Si l'on met un noyau de fer doux au centre de la bobine, l'étincelle augmente en dimension et en éclat. Le phénomène résulte donc *de l'induction du fil sur lui-même.*

Quand un courant traverse les premières couches du fil de la bobine, il induit dans les couches inférieures un

courant de sens contraire à celui de la pile, dont il retarde la marche. Ce premier effet cesse bientôt, et le courant de la pile s'écoule normalement; mais dès qu'il cesse lui-même, il se produit un courant induit de même sens que celui de la pile et prolongeant par suite l'effet de ce dernier. De là l'étincelle. Le noyau de fer doux accroît l'effet en augmentant l'intensité du champ magnétique. Ces courants se manifestent dans une âme lovée dans une cuve, surtout quand cette âme est recouverte d'une armature en fils de fer. Ils constituent alors ce qu'on appelle la *fausse décharge.*

Théoriquement, ces courants se forment aussi dans les fils droits, mais leur intensité est si faible qu'on ne peut l'apprécier, et même les perturbations observées dans des fils élongés doivent être attribuées à l'induction statique plutôt qu'à l'induction dynamique. On remarque toutefois dans les fils télégraphiques aériens des perturbations de ce dernier genre, tenant à leur voisinage de la terre. Ces courants induits peuvent être éliminés dans les rhéostats, etc., en enroulant le fil en double, c'est-à-dire en enroulant la moitié du fil autour de la bobine dans une direction et la moitié dans l'autre direction. Les courants produits alors sont opposés et se détruisent mutuellement; mais il est impossible d'appliquer cet expédient aux électro-aimants, car, pour le même motif, on n'obtiendrait plus d'effet magnétique.

Pour étudier expérimentalement les conditions correspondant aux maximum et minimum d'effet des électro-aimants, M. Preece se sert d'un relais de Stroh qui est disposé de façon à envoyer, quand il est au repos, un courant normal à travers la bobine ou les bobines de l'électro-aimant que l'on étudie; mais, en abaissant une clef, on envoie dans le relais le courant d'une seconde

pile qui déplace son armature et la fait appuyer contre le butoir opposé : ce déplacement interrompt le circuit du courant primitif et met l'électro-aimant dans le circuit d'un galvanomètre de Thomson, sur lequel on peut observer l'extra-courant ainsi produit. Les résultats suivants ont été obtenus :

Prenant comme unité l'extra-courant provenant d'une seule bobine et de son noyau de fer doux, deux bobines et deux noyaux (distincts) reliés en série, donnent un extra-courant représenté par 17; ces deux bobines, placées bout à bout et superposées de manière à former un long noyau entouré par les deux bobines reliées en série, donnent un extra-courant de 184; les deux noyaux étant réunis à leur base par une plaque de fer de manière à ressembler à un électro-aimant en fer à cheval, les communications restant les mêmes, donnent un extra-courant de 304.

Dans les mêmes conditions, la base des noyaux étant réunie par une culasse et les autres extrémités par une armature, l'extra-courant est de 2.238. Ce dernier résultat ne paraissait pas affecté par les modifications apportées dans la longueur ou les dimensions de l'armature.

D'où cette conclusion générale :

Plus la forme du noyau ou de l'âme se rapproche de celle d'un anneau ou d'une courbe fermée de fer, et plus la surface de fer recouverte par une couche de fil d'épaisseur donnée est considérable, plus est grande l'intensité de l'extra-courant.

Si, dans la dernière des expériences mentionnées plus haut, la disposition mécanique reste la même, mais qu'on réunisse les bobines *en quantité*, l'intensité de l'extra-courant tombe à 502.

Voici les résultats obtenus avec les relais usuels :

Relais Siemens	. . . .	1.688
— de Stroh (ordinaire)	. . . .	1.621
— — (polarisé)	. . . .	1.500
— Theiler, n° 1	. . . .	279
— Theiler, n° 2, en supprimant la culasse	. . .	26

L'effet de l'induction statique, dans le cas de lignes télégraphiques, est de retarder l'apparition d'un courant et de prolonger sa durée. La diminution de vitesse tient au temps que met la charge à se dissiper. On a déjà vu que l'induction dynamique tend à produire le même résultat. De telle sorte que si l'on peut s'arranger de manière que l'une des deux inductions (statique et dynamique) contrarie l'influence de l'autre, l'introduction d'un électro-aimant dans une ligne télégraphique donnera comme résultat un gain de vitesse et non plus une perte de vitesse.

Lorsqu'un électro-aimant placé dans une ligne télégraphique est dérivé par un rhéostat (*), ce rhéostat tend à offrir un passage à la décharge des extra-courants, et l'aimantation est alors assez prolongée pour que, si le circuit est alternativement ouvert et fermé avec une certaine vitesse, l'armature reste attirée d'une façon permanente. Ce principe a été appliqué par M. F. Higgins à la translation à double courant. Le retard atteint son maximum quand la résistance de la dérivation est égale à celle de l'électro-aimant. Mais que l'on emploie comme dérivation un second électro-aimant ou, en d'autres termes, une *dérivation électro-magnétique*, alors l'extra-courant formé dans cette dérivation est opposé à celui formé dans l'électro-aimant, et tous deux renvoient dans la ligne un

(*) Voir *Annales*, t. II, p. 458, et t. III, p. 30, 31, etc.

courant qui tend à la décharger. Mais l'extra-courant de la dérivation peut être augmenté au point de neutraliser et même de dépasser l'extra-courant de l'électro-aimant lui-même. De telle sorte qu'en disposant convenablement une dérivation électro-magnétique, le retard magnétique dans l'électro-aimant lui-même peut être réduit à un minimum, et en même temps ce courant est renvoyé dans la ligne, qu'il décharge après chaque signal, tendant ainsi à augmenter la vitesse à laquelle on peut transmettre sur la ligne.

(Extrait du *Telegraphic Journal.*)

NOUVEAU FIL ISOLÉ EN CAOUTCHOUC.

(Lettre à l'éditeur de l'*Engineering*.)

Monsieur,

Dans le courant de l'année 1861, en étudiant les effets de l'oxygène et des agents oxydants sur le caoutchouc manufacturé, je fus conduit à expérimenter, entre autres substances, l'eau bromée. Je constatai qu'au bout de quelque temps la solution devenait incolore et que le caoutchouc, loin de devenir mou et visqueux, semblait n'avoir subi aucune altération, si ce n'est que sa teinte était devenue plus foncée. Quelque temps après, je renouvelai l'expérience en employant, pour obtenir une solution plus forte de brome, un mélange de cette substance et de bromure de potassium. Quelques semaines plus tard, cette solution était complétement décolorée et le caoutchouc était devenu dur et cassant.

J'essayai ensuite l'iode, et j'obtins le même résultat au bout du même temps. Puis je continuai l'expérience avec le chlore et je reconnus que le brome, l'iode et le chlore, au lieu d'oxyder le caoutchouc en contact avec l'eau, produisaient un effet tout à fait différent.

Le caoutchouc ainsi traité peut être soumis à une température assez élevée sans se détériorer aucunement. Il a complétement perdu sa tendance à se dissoudre lorsqu'on le traite par les dissolvants bien connus du caoutchouc ordinaire, sans que les essais chimiques puissent

révéler en lui la présence d'iode, de brome ou de chlore libre.

J'ai montré ces spécimens aux professeurs Miller et Frankland pendant qu'ils procédaient, à Mitcham, dans la manufacture de caoutchouc de M. Hooper, à une enquête relative à un procès pendant entre la North British Rubber Company et MM. Silver et C°, et relatif à une infraction de brevet pour la fabrication de la vulcanite ou ébonite.

Ces spécimens furent examinés avec beaucoup de curiosité ; je les ai encore en ce moment, et ils offrent le même aspect qu'il y a quatorze ans.

En 1868, je fis une série d'expériences en vue de déterminer le moyen pratique d'obtenir, à l'aide de ces agents, un fil télégraphique isolé.

Un fil de cuivre étamé n° 16 fut recouvert de deux couches de caoutchouc que l'on consolida par l'eau bouillante. J'en mis un bout d'environ 10 yards de longueur dans une dissolution d'iode dans de l'iodure de potassium et un autre bout d'une longueur égale dans une dissolution de brome dans du bromure de potassium. Après quelques heures d'immersion, les bouts furent retirés et séchés devant le feu pour vérifier s'ils étaient altérés. Ils furent ensuite placés dans l'eau et essayés électriquement. Ces deux bouts, qui avaient été rapidement et grossièrement fabriqués, donnaient une perte de 10 p. 100 environ en 2 minutes. Après être restés sous l'eau pendant une semaine, ils furent mis de côté jusqu'en 1871, époque à laquelle je les retrouvai ; je pensais alors qu'il serait intéressant, pour vérifier leur durée, de les plonger de nouveau dans l'eau et de noter leur perte de charge, comme je l'avais fait précédemment. Je fus très-étonné de trouver que leur condition

électrique était restée si constante, que l'expérience ne permettait pas de constater la plus légère différence. Les extrémités furent alors scellés avec soin, les fils placés sous l'eau et soumis à une pression de 600^{lb} par pouce carré pendant quatre heures. Les fils étant trop courts pour qu'il fût possible d'amener au dehors leurs extrémités afin de les essayer pendant qu'ils étaient soumis à cette pression, on les retira, on les essaya comme auparavant, et il fut impossible d'apercevoir aucune modification dans leur résistance électrique ou mécanique.

En 1875, on constata que la résistance diélectrique de ces fils était supérieure à 3.000 megohms par mille marin. On fit cette détermination par comparaison avec les bobines de fil d'où provenaient les bouts en question.

En 1872, je soumis à l'action du chlore un bout d'environ 100 yards de longueur, provenant de M. Henley, et qu'on avait préalablement consolidé en le soumettant, pendant une heure, dans un four sec, à une température de 260 degrés Fahrenheit.

Ce câble se composait d'un toron de 7 fils de cuivre étamés n° 22 recouverts de caoutchouc manufacturé de Para, dont le poids est d'environ 35^{lb} par mille marin. Ce fil fut bien essayé et resta en réserve dans un coffre sec, jusque vers la fin de 1874; je pensai alors qu'il serait bon, pour étudier sa convenance à divers usages, de l'essayer à bord d'un navire sous les tropiques.

Pendant onze mois, ce fil, ainsi que deux bouts de ceux qui avaient été fabriqués en 1868, et traités, l'un par l'iode et l'autre par le brome, furent conservés à sec à bord d'un navire qui navigua la plupart du temps sous les tropiques et aux Indes occidentales.

A mon retour en Angleterre, ces fils furent essayés avec soin sous l'eau, et les résultats furent si satisfai-

sants, que je les présentai avec d'autres spécimens de fabrication plus récente, à la soirée de la Société télégraphique de 1875.

Je puis donc établir en toute confiance qu'aucune sorte de fil isolé n'approche de ceux-ci sous le rapport de la durée. Les fils de secours dont on se servit pour les communications dans les salles d'expériences des steamers Hooper et Great Northern ont été renouvelés très-souvent pendant les expéditions, au lieu qu'un petit bout de mes fils, dont on se servit par pure curiosité, fonctionna si bien que, si j'en avais eu à bord une quantité suffisante, je les aurais employés pour toutes les communications les plus importantes.

Par suite des défauts toujours croissants des fils de caoutchouc et principalement de ceux qu'on emploie pour les lignes de terre, je pris le parti, en 1871, de garantir mon invention en prenant un brevet.

Après 1871, les dérangements des fils vulcanisés devinrent si fréquents que je ne puis pas m'expliquer qu'on ait continué à en fabriquer.

Mes engagements avec les *Hooper's Telegraph Works, limited*, m'ont empêché d'appeler l'attention sur ces fils, et mon absence d'Angleterre pendant l'année suivante ne m'a pas permis de poursuivre mes expériences.

La longue expérience que possède l'auteur des différents moyens d'appliquer le caoutchouc à l'isolement des fils, lui permet de parler avec assurance de ce nouveau procédé, et de dire qu'il le considère comme un progrès sur tout ce que les manufacturiers ont fourni jusqu'ici.

Aujourd'hui, la durée des fils télégraphiques ne saurait être trop librement discutée, car la confiance que l'on accorde graduellement à l'efficacité des torpilles qui défendent les ports et les côtes, serait bien compromise si

l'on n'avait pas un isolant convenable pour les câbles de torpilles.

L'intérêt de ce sujet sera encore bien plus grand si l'on considère que la convenance spéciale du caoutchouc pour cet usage est plus que contre-balancée par la façon terriblement trompeuse dont il se comporte.

On sait que les âmes de caoutchouc vulcanisé, telles qu'on les fabrique actuellement, ne peuvent être transportées d'un endroit dans un autre, quelque temps après leur fabrication, sans les tenir sous l'eau. Ce n'est pas déjà chose facile, et plus ces câbles restent longtemps sous l'eau, plus ils se détériorent rapidement quand on les expose ensuite à l'air.

Ceux qui sont chargés des dépôts de torpilles feront bien, non-seulement d'essayer leurs câbles électriquement dans l'eau de temps en temps, mais aussi de les essayer quelque fois en les exposant à l'air; car j'ai eu souvent l'occasion de remarquer que des câbles qui accusaient un isolement très-élevé quand ils étaient nouvellement fabriqués, et qui paraissaient encore très-bien fonctionner après un séjour de plusieurs mois sous l'eau, ne pouvaient plus servir à aucun usage électrique quand on les exposait à l'air, ne fût-ce que pendant le temps nécessaire pour se rendre à la baie de Besika ou aux Indes.

Un câble de torpilles doit, de toute nécessité, se prêter aux changements résultant des alternatives de sécheresse et d'humidité; il est donc évident qu'une matière qui résiste à toutes ces expériences sans perdre aucune de ses qualités électriques se recommande d'elle-même pour un tel usage.

La façon remarquable dont ce fil se comporte quand on l'expose au soleil et à l'air, me donne à croire qu'il

est indestructible, et que, si on le protége par une armature convenable de fils, de chanvre et de rubans, il conviendra mieux que tous ceux que je connais aux besoins de la télégraphie.

Un bout de ce fil a été exposé au soleil et à l'air pendant les douze derniers mois qui viennent de s'écouler, sur un toit de plomb recevant en plein les rayons du soleil, et lorsqu'il a été essayé, il y a quelques jours, il n'avait perdu aucune de ses qualités électriques ou mécaniques.

La Telegraph Exchange Company a employé 2 milles environ de ce fil pour ses fils de secours et autres communications dans des endroits exposés où sa durée est soumise aux plus rudes épreuves.

Il est peut-être bon d'ajouter que, par suite de l'absence dans ce caoutchouc du soufre ou de toute autre substance pouvant attaquer le cuivre, il n'est pas nécessaire que le cuivre soit étamé, ce qui, tout en en diminuant le prix, empêche le fil de devenir cassant. L'isolant s'allonge d'une façon permanente lorsqu'on le soumet à une tension, de telle sorte que si la tension que supporte une âme vient à cesser, l'isolant ne revient pas sur lui-même et l'allongement permanent du cuivre ne cause pas une saillie ou hernie du fil de cuivre dans l'isolant, comme on le remarque dans les âmes en caoutchouc vulcanisé, où cet accident entraîne fréquemment des solutions de continuité et, par suite, des soudures à faire.

Thomas T. P. Bruce Warren.

SERVICE TÉLÉGRAPHIQUE DES INCENDIES.

A la réunion de la Société des ingénieurs des télégraphes, qui a eu lieu le 28 février, la soirée a été consacrée à la lecture d'un mémoire de M. R. von Fischer Treuenfeld, sur les télégraphes pour les incendies, sujet de la plus haute importante et que M. Treuenfeld a traité de la façon la plus complète.

Le premier objet du télégraphe automatique pour les incendies est de diminuer le temps qui s'écoule entre la découverte de l'incendie et l'arrivée de la brigade sur le lieu du sinistre. Que cette brigade puisse arriver sur les lieux immédiatement après que le feu s'est déclaré, et la possibilité d'un incendie grave sera peu à redouter. D'un autre côté, si la brigade tarde à arriver, l'augmentation rapide de la chaleur et la formation de gaz combustibles qui en résulte feront que le feu, d'abord insignifiant, prendra bientôt des proportions inquiétantes. Une brigade parfaitement bien dressée, bien équipée et abondamment fournie d'eau, peut, en beaucoup de cas, rattraper le temps perdu jusqu'à son arrivée; mais, même dans ces conditions, le succès est encore douteux.

En principe, pour une bonne télégraphie d'incendie, il faut que les postes soient en nombre suffisant, placés en des endroits d'un accès facile et munis d'appareils convenables au moyen desquels l'explosion du feu puisse être signalée par toute personne aux stations les plus rapprochées de pompiers et de police. A l'aide d'un

appareil automatique, un signal donné indiquant la rue et le quartier d'où est parti l'alarme du feu peut être télégraphié par une main non exercée à un point donné.

M. Treuenfeld, étudiant la situation de la ville de Londres, eu égard au nombre des incendies sérieux qui s'y déclarent, se réfère aux documents de la commission spéciale chargée par la Chambre des communes, en 1876, de rechercher les moyens de protéger contre l'incendie la vie et les propriétés des habitants de la métropole. Ses statistiques, tout en mettant en évidence les résultats que notre brigade métropolitaine a obtenus, puisqu'elle a réussi à réduire le nombre des incendies graves dans ces dix dernières années de plus de 50 p. 100, montrent cependant que 10 p. 100 des incendies sont encore sérieux. Parmi les perfectionnements proposés par le Capt. Shaw, figure une proposition de renforcer la brigade d'incendie en la portant à 933 pompiers, 330 pompes, 200 bouches d'incendie et 169 stations de pompiers.

M. Treuenfeld demande s'il ne serait pas possible d'obtenir une sécurité plus grande par l'emploi des télégraphes d'incendie que par l'augmentation du personnel et du matériel. Il cite comme comparaison la proportion des incendies *sérieux* à Berlin, où le système télégraphique automatique fonctionne. Il prend cette ville, au hasard, comme une ville qui n'est certainement pas aussi bien fournie que Londres en eau et en pompes, et il démontre que les incendies sérieux y sont seulement dans la proportion de 2,82 p. 100. A Hambourg, la proportion est de 1,77 p. 100; à Amsterdam, 2,79, et à Francfort-sur-le-Mein, de 5,00.

M. Treuenfeld donne ensuite un tableau des différents systèmes. Hambourg possède deux stations centrales, c'est-à-dire la brigade centrale d'incendie et la station

centrale de police. Toutes deux sont reliées par 7 lignes distinctes qui rayonnent de ces centres aux faubourgs; chacune de ces lignes étant reliée avec un certain nombre de stations de pompiers et de police au moyen d'appareils automatiques (appareils qui signalent la nature du feu et le point d'où vient l'alarme). L'objet de ces 7 lignes, reliées aux postes de pompiers et de police, est de faire connaître immédiatement aux postes de la brigade l'endroit où le feu a été découvert. En outre, une communication télégraphique peut être maintenue entre les différentes stations (de même qu'entre les avertisseurs et les stations centrales), de sorte que l'on peut organiser convenablement l'assistance réclamée. Ainsi, tous les incendies sont d'abord signalés à la station centrale, qui prend les mesures nécessaires pour organiser les secours. La station centrale règle et contrôle tout le système.

L'avertisseur est un appareil d'un mécanisme simple, en circuit sur le fil télégraphique, lequel est relié à une pile à la station centrale. L'avertisseur, quand il est mis en action, interrompt le circuit et produit ainsi certains signaux qui sont enregistrés à la station centrale sur un appareil placé entre la pile et le fil de ligne. La rupture du circuit est déterminée par la rotation d'une roue de contact munie sur son pourtour de types construits de façon que la rupture du contact corresponde avec les intervalles d'un signal Morse donné.

L'avertisseur est protégé par une boîte de verre et est placé, soit aux coins de rue, soit aux stations de chemins de fer ou à tout autre point voulu.

Dès qu'un incendie éclate, on doit d'abord courir à la boîte d'avertisseur la plus proche, l'ouvrir ou briser le verre et tirer une manivelle placée là dans ce but.

Pourvu que le fil ne soit pas occupé, cette manœuvre

met en mouvement la roue de contact qui transmet le signal plusieurs fois de suite. A Hambourg, il y a 47 stations Morse et 50 avertisseurs automatiques; les uns et les autres sont reliés à la même ligne, les appareils Morse étant placés aux postes de pompiers et de police seulement.

Les lignes sont en partie souterraines et en partie aériennes, les premières étant surtout en usage dans l'intérieur même de la ville et les secondes dans les faubourgs. En tout, il y a 143.850 pieds de câble souterrain et 110.000 de fil aérien. Le câble est composé d'un fil de cuivre de trois torons, isolé au moyen de gutta-percha, recouvert de chanvre et entouré de 13 fils de fer galvanisé. Entre la station centrale de police et la station centrale d'incendie, le câble a 7 âmes ou fils conducteurs; il est recouvert de chanvre et de 19 fils de fer galvanisé.

Le système fonctionne de la façon suivante :

Toutes les stations, sauf la station centrale, ont leurs Morse en dehors du circuit, et n'ont dans le circuit qu'une sonnerie d'alarme très-bruyante. Un signal envoyé par une des stations à avertisseur ou à Morse est enregistré à la station centrale sur un Morse à déclanchement automatique. La station centrale envoie alors le signal d'alarme d'incendie à toutes les stations du district, ou, si cela est nécessaire, à toutes les stations des sept districts, au moyen d'un commutateur *ad hoc*.

Les appareils Morse, à chaque station, sont amenés dans le circuit par l'opérateur; il n'a, pour cela, qu'à placer son pied sur une marche formant une table sur laquelle il se tient quand on l'appelle à l'appareil. Aussitôt que les stations sont dans le circuit, des ordres définitifs sont envoyés aux brigades d'incendie et aux stations

de police les plus rapprochées du feu. Ce système a, dit-on, coûté 8.028 £.

Le système d'Amsterdam est connu sous le nom de *système circulaire.* La ville est divisée en trois cercles principaux, qui ont chacun leurs bureaux en communication avec la station centrale. Il n'y a, dans ces cercles principaux, que des brigades d'incendie et des postes de police, et les stations sont reliées de telle sorte que les postes de police sont placés dans une moitié, et les brigades d'incendie dans l'autre moitié des cercles; par suite de cet arrangement, les deux séries de stations peuvent être divisées et peuvent communiquer séparément avec leur bureau central propre. A chacun de ces trois cercles principaux est rattaché un certain nombre de circuits secondaires ayant leurs centres dans une des stations de la brigade d'incendie. En règle générale, ces cercles secondaires contiennent seulement des avertisseurs automatiques; cette règle cependant n'est pas tout à fait absolue. Il y a aussi un cercle suburbain qui est formé de fils de fer suspendus, tandis que les cercles principaux et les cercles secondaires sont tous formés de fils souterrains. Le système comprend en somme trois cercles principaux, 13 cercles secondaires, 1 cercle suburbain, 50 appareils Morse et 135 avertisseurs automatiques d'incendie. Toutes les lignes fonctionnent par le système à circuit fermé. Les appareils Morse sont fixés de la même façon qu'à Hambourg, et le travail se fait de la même manière. Sur les bords des canaux et des rivières, on se sert d'un grand gong pour avertir les bateaux d'incendie qui y sont amarrés. Cet instrument électro-mécanique peut être entendu à une grande distance. A la station centrale se trouve un inducteur magnétique qui peut faire marcher les sonneries d'alarme de toutes les stations, et à

l'aide de combinaisons conventionnelles de sonneries, la station centrale peut appeler une station séparément ou toutes les stations ensemble. Le mécanisme de la cloche d'alarme est mis en mouvement par un poids, et le courant n'a qu'à opérer un simple déclanchement.

Le troisième type de télégraphe d'incendie ressemble au premier, en ce qu'il est rayonnant; mais il en diffère en ce que les lignes de section sont munies d'embranchements. C'est celui de Francfort-sur-le-Mein. Il a été présenté par son constructeur M. C. Vogel, membre de la Société des ingénieurs des télégraphes. Il renferme 8 circuits principaux et 32 circuits de ramification. Les premiers relient des stations pourvues d'avertisseurs ou d'appareils de transmission. Les circuits formant branchements comprennent des stations munies seulement de signaux d'alarme. Il y a en tout 25 stations Morse avec 31 instruments et 50 avertisseurs automatiques.

Aucune maison ne se trouve éloignée de plus de 600 yards d'un avertisseur. Toutes les stations ont un personnel en faction la nuit comme le jour. Toutes les lignes principales reliant le poste central aux appareils Morse et aux avertisseurs présentent un développement de 95.234 pieds, sont souterraines et consistent en câbles armés de fils de fer. Outre les lignes souterraines, il y a 55.930 pieds de ligne aériennes ou branches secondaires pourvues seulement de sonneries qui sont placées dans les maisons des chefs et des hommes des brigades régulières ou volontaires, et dans les postes de police. Les lignes sont exploitées, comme à Hambourg et à Amsterdam, d'après le principe du circuit fermé. Le télégraphe d'incendie de Francfort a été installé de 1873 à 1875.

Le mécanisme du telégraphe d'incendie américain res-

semble à ceux que nous venons de décrire avec une différence peut-être.

Dans quelques villes, un arrangement automatique fonctionne en un point central. Quand une alarme arrive, le signal traverse ce point central, et le département du feu tout entier reçoit directement ce signal du point même qui l'a transmis. De cette façon il ne peut y avoir de retard dans la transmission de l'alarme, puisque tout le département du feu est directement avisé sans aucune espèce d'intermédiaire. On a calculé que, avec le système qui emploie l'intermédiaire de la station centrale, il s'écoule de 40 à 60 secondes entre le moment où l'avertisseur est mis en opération et celui où le département du feu reçoit l'alarme définitive; mais il faut observer que ce système permet à la station centrale de donner tous les ordres.

La meilleure preuve de la grande valeur du télégraphe d'incendie américain, c'est qu'il est en service actuellement dans soixante-dix-neuf villes des États-Unis et du Canada, et en construction dans plusieurs autres, et que son usage n'a pas été encore abandonné un seul instant ni même suspendu.

M. Treuenfeld exhibe deux tableaux résumant les particularités qu'il a pu recueillir sur les différents systèmes employés dans quelques-unes des grandes villes d'Angleterre, d'Allemagne, d'Amérique, de Belgique, de Hollande, et il y ajouté la proportion des incendies *graves*. M. Treuenfeld appelle incendie *grave* celui qui réclame plus de deux pompes pour l'éteindre. Le premier des deux tableaux comprend les villes qui possèdent les systèmes de télégraphe d'incendie, qu'on peut considérer comme les plus perfectionnés, c'est-à-dire des stations avec Morse, avertisseurs automatiques, et en majorité des

lignes souterraines. Le deuxième tableau comprend les villles dont les stations sont pourvues d'appareils à cadran ou alphabétiques, avec des lignes aériennes en majorité, et peu ou point d'avertisseurs. De ces tableaux, il ressort que dans les premières, les incendies *graves* ont été réduits à 4 p. 100, tandis que dans les dernières ils atteignent 17 p. 100, et dans les villes ne possédant pas de télégraphes d'incendie, 29 p. 100.

Quant à l'économie résultant de la suppression des incendies *graves*, M. Treuenfeld cite la ville de Brunswick, en Allemagne, qui a obtenu les résultats mentionnés dans le tableau ci-dessous :

ANNÉES.	INCENDIES.	INCENDIES graves.	MONTANT des valeurs assurées.	ASSURANCES payées.
			£	£
1873	95	2	9.093.870	1.939
1874 (*)	96	0	9.746.648	282
1875	104	2	10.498.338	15.364

(*) En 1874 il n'y a pas eu d'incendie grave, c'est ce qui explique la diminution des assurances payées.

Le 17 octobre de l'année dernière, M. Robert, Hall, chef de la brigade d'incendie de Salford (Angleterre), écrivait : « Le système complet de télégraphe installé dans ce bourg nous a épargné plusieurs milliers de livres dans les cas d'incendie. »

M. H. Sexton, du télégraphe d'incendie de Saint-Louis, dit : « En comparant les deux années qui ont précédé l'établissement des alarmes électriques avec les deux années qui l'ont suivi, on obtient les résultats suivants : de 1856 à 1858, le montant des pertes était de

1.808.315 dollars contre 710.404 dollars de 1858 à 1860, ce qui donne une diminution de 1.097.911 dollars, soit 548.955 dollars par an.

M. Treuenfeld donne, en outre, les statistiques des proportions entre la population et le nombre des points d'où l'on peut donner les signaux d'alarme. Ainsi nous citerons Chicago, 1 point par 780 habitants; Memel, par 990; Francfort, par 1.375; San-Francisco, 2.000; New-York, 2.093; Hambourg, 3.327; Bremen, 9.166; Salford, 15.600; Manchester, 21.053; Paris, 22.968; Glasgow, 27.500; Liverpool, 29.412; Londres, 52.925; Dublin, 61.431, et Birmingham, 79.215.

M. Treuenfeld conclut finalement :

1° Que les villes sans télégraphes d'incendie sont exposées à une grande proportion d'incendies graves causés par le retard que met la brigade d'incendie à arriver sur les lieux;

2° Que l'emploi des télégraphes d'incendie tend à diminuer cette proportion des incendies graves, et que plus le système est parfait, plus cette proportion diminue.

On a parlé aussi de l'intérêt qu'il y aurait à exposer devant la Société le système autokinétique (*), dont le trait caractéristique est que le signal une fois commencé ne peut être interrompu par aucun autre signal, et qu'un nouveau signal attend que le précédent soit terminé pour prendre son tour. Dans l'un ou l'autre cas, il suffit à l'opérateur de tourner une petite manivelle ou indicateur dans une certaine direction. Si le fil est libre, l'instrument sera, par ce mouvement, mis en action, et le signal sera transmis à sa destination. Si, au contraire, le fil est occupé, l'instrument restera au repos jusqu'à ce que le

(*) Voir *Annales*, t. III, p. 610.

fil soit libre par l'achèvement du message précédent, et sera alors seulement mis en mouvement. De cette façon, on pourra placer dans un même circuit un certain nombre de sonneries d'incendie ou autres, chaque signal prenant ainsi son tour pour arriver à destination.

L'Exchange Company a également en vue un système produisant des effets semblables.

(Extrait de l'*Engineering*.)

TÉLÉGRAPHE POUR LES INCENDIES.

(SYSTÈME AUTOKINÉTIQUE *.)

Le système télégraphique autokinétique exige :

1° Un moyen automatique de transmettre des signaux d'un point à un autre;

2° Qu'un certain nombre d'appareils transmetteurs dans le même circuit puissent être établis dans la position requise pour transmettre le message, et que chacun d'eux puisse transmettre exactement le message à son tour et suivant le rang qu'il occupe dans le circuit par rapport à la station qui reçoit;

3° L'emploi du système dit *à circuit ouvert*, qui épuise beaucoup moins la pile que le circuit fermé ou à courant continu, et qui en outre, ce qui est très-important, permet d'éviter la détérioration des fils souterrains qui résulte de ce dernier;

4° Que la station qui travaille ne puisse être interrompue dans sa transmission.

Deux fils sont nécessaires; l'un, A, peut être appelé fil de *détente*, et l'autre, B, fil *enregistreur.*

L'appareil se compose : 1° d'un récepteur automatique construit de telle sorte que sa mise en mouvement coupe le fil de détente et établit sa communication avec le fil enregistreur; 2° d'un appareil de transmission que l'on peut placer dans les colonnes de fer ou dans tout autre

(*) Voir *Annales*, t. III, p. 610.

endroit convenable dans les rues ou dans les maisons.

L'appareil récepteur comprend : 1° un encreur Morse qui sert à enregistrer le signal reçu de la station qui envoie, sur la bande de papier employée habituellement. C'est tout simplement l'encreur Morse dont on se sert dans la télégraphie ordinaire, avec un arrangement automatique disposé de telle sorte qu'aussitôt qu'un courant traverse l'appareil, celui-ci se met en mouvement, et la bande de papier sur laquelle est enregistré le message se déroule et reste exposée à la vue de l'employé qui pourrait, au moment même, n'être pas à son poste.

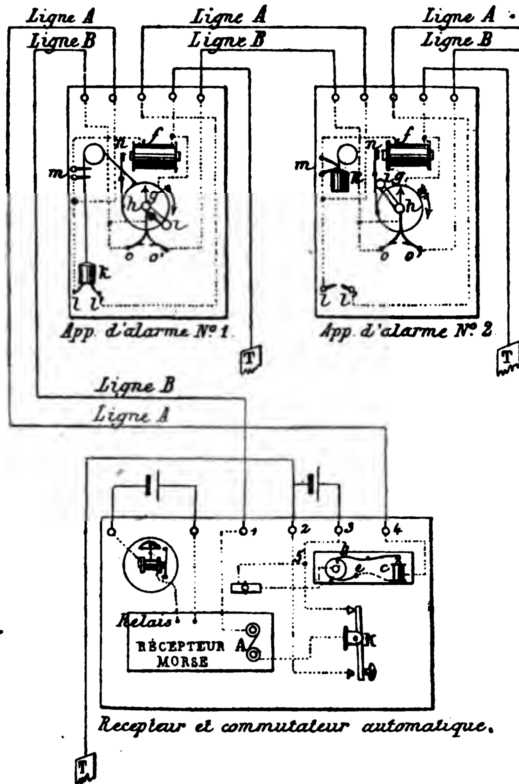
2° Une sonnerie placée dans un circuit local avec un relais établi sur le Morse, et qui sonne dès que l'appareil marche.

3° Un commutateur automatique qui a pour objet de régler l'arrangement des fils de façon qu'une dépêche en transmission ne soit jamais interrompue. Cet instrument consiste en une série de roues entraînées par un ressort enroulé comme dans l'encreur Morse. Le mécanisme est retenu par une petite détente *b*, fixée à l'armature des bobines *c*, laquelle, quand elle est soulevée, lâche un pignon portant une petite pièce de contact qui repose ordinairement sur le ressort *e*, avec laquelle elle établit un circuit. Quand *b* se soulève, le pignon tourne, et, par suite de ce mouvement, rompt le circuit de la ligne A qui se trouvait complété par les bobines *c*, le ressort *e*, et la pièce de contact.

4° Une clef K qui a la forme d'un manipulateur ordinaire à simple courant.

La figure montre les communications électriques. On emploie deux piles, l'une d'un élément ou deux pour le circuit local, et l'autre d'un nombre d'éléments proportionné à la longueur de la ligne.

L'appareil d'alarme ou de transmission se compose de deux bobines *f*, d'une aiguille tournante ou indicateur *g*, d'un petit tambour *h* à l'axe duquel est fixée une mani-



velle *i* qui permet de le faire tourner dans le sens de la flèche. En imprimant ce mouvement à la manivelle, le poids *k* est soulevé par une corde ou une chaîne qui relie ce poids au tambour. Le dessous de ce poids est platinisé de façon à former contact avec deux ressorts *l*, *l'* que

l'on voit au-dessous de lui, et à compléter le circuit entre les deux fils auxquels ces deux ressorts sont reliés.

Si l'on suit les communications sur la figure, on verra que ces deux ressorts sont reliés respectivement, l'un à la borne d'entrée, l'autre à la borne de sortie du fil de ligne A; par conséquent, quand le poids se trouve dans la position figurée dans l'appareil n° 1, il met les bobines *f* hors du circuit et par suite les empêche d'être actionnées par le passage du courant.

Maintenant, si l'on tourne la manivelle *i*, le poids sera soulevé et atteindra la position figurée dans l'appareil d'alarme n° 2. Les ressorts *l*, *l'* ne seront plus en communication et le circuit de la ligne A sera rompu; mais quand le poids sera au haut de sa course, les ressorts *m* seront mis en contact et la partie de la ligne A reliée à la station de réception sera mise en communication avec les bobines *f* dont l'autre extrémité est à la terre. Si un courant traverse alors les bobines, l'armature *n* sera attirée et la détente dont elle est munie à son extrémité laissera aller le tambour *h* qui tournera sous l'influence du poids en entraînant l'aiguille *g* avec lui. Cette aiguille, dans son mouvement de rotation, glisse et appuie sur un certain nombre de lames métalliques faisant saillie sur le tour d'un cadran; ces saillies représentent les chiffres ou les lettres de l'alphabet Morse. La ligne B est reliée à l'aiguille, et les lames métalliques à la terre. L'aiguille, en tournant ainsi, établit et rompt le circuit de la ligne B, suivant la disposition des lames métalliques. Supposons qu'elles soient disposées de la manière suivante :

R	*e*	*g*	*e*	*n*	*t*	*s*	*t*
.–.	.	––.	.	–.	–	...	–

les signaux enregistrés sur la bande de la station qui reçoit formeront les lettres correspondantes et indiqueront que c'est à Regent street que l'on réclame l'aide des pompiers ou de la police. On peut préciser davantage en ajoutant le numéro de la rue ou de la station qui a donné l'alarme.

L'aiguille *g*, dans sa position normale, appuie sur deux ressorts *o*, *o'* qui relient les deux sections de la ligne B à travers l'instrument, de la même manière que les ressorts *l*, *l'*, à l'aide du poids *k*, reliaient les 2 sections de la ligne A. Quand elle est dans cette position, l'aiguille n'établit aucun autre contact que celui de *o*, *o'*.

Décrivons maintenant le fonctionnement du mécanisme d'envoi d'un signal d'alarme et prenons l'appareil d'alarme n° 2. On tourne d'abord la manivelle *i*, ce qui fait monter le poids et rompt le circuit du fil A aux points *l*, *l'*. Les ressorts *m* sont alors pressés tous deux par le poids qui a été remonté, et par suite, la partie de la ligne A reliée à la station qui reçoit est mise à la terre à l'appareil n° 2. A ce moment, le courant de la pile, partant de la station de réception, passe de la borne 3 de l'appareil récepteur au point 5 où il rencontre deux directions : l'une le conduit au commutateur et l'autre à la ligne B en traversant les bobines A du Morse. La ligne B étant disjointe, il ne peut prendre cette route, mais la ligne A est à la terre; le courant, par conséquent, passe à travers les bobines du commutateur automatique et de là dans les bobines *f* de l'appareil d'alarme n° 2. Les détentes fixées aux deux armatures sont dégagées. Le commutateur est mis en mouvement et l'appareil d'alarme également; la pièce de contact *b* du commutateur quitte le ressort *e* et la ligne A est coupée. Le courant n'a plus alors d'autre issue que la ligne B. L'aiguille *g* tourne, et

comme elle glisse sur les lames métalliques du cadran, le circuit de la ligne B est tour à tour établi et rompu. Lorsque le circuit est établi, un courant circule à travers les bobines de l'imprimeur Morse, et la bande de papier enregistre un signal proportionné à la durée de ce courant. Le poids revient ensuite à sa position normale, et l'aiguille à sa position de repos. La ligne A est de nouveau mise hors du circuit de l'appareil d'alarme, la ligne B également, la première par le poids et la seconde par l'aiguille. Le commutateur a également fonctionné et a de nouveau mis la ligne A dans le circuit de la pile.

Les courants, dans leur passage, n'ont pas actionné l'appareil d'alarme n° 1, parce que cet appareil ne se trouve dans le circuit d'aucun des fils de ligne.

Supposons maintenant que pendant que l'appareil d'alarme n° 2 fonctionne, l'appareil n° 1 soit aussi disposé pour transmettre un message. On tourne la manivelle et le poids est remonté jusqu'en *m*. Le fil de la ligne A sera coupé aux points *l*, *l'* et sera à la terre à travers les bobines *f*, mais aucun courant ne viendra dégager la détente fixée à l'armature *n*, parce que la ligne A est également coupée en *e* par le commutateur automatique. Le poids restera par conséquent suspendu, et la ligne restera à la terre à travers *f* jusqu'à ce que le circuit soit de nouveau complété à la station qui reçoit, ce qui a lieu seulement quand le message qui occupe la ligne B est terminé. A ce moment, comme on l'a déjà expliqué, le commutateur rétablit le circuit de la ligne A, et le courant s'écoule alors dans les bobines *f*, dégage de nouveau la détente du commutateur et laisse partir la détente de l'armature *n* de l'alarme n° 1 qui trasmet alors sa dépêche.

L'action du commutateur, au moment de son départ

et à celui de son retour à la position normale, est synchronique avec celle de l'aiguille, et par suite du poids de l'appareil.

Supposons qu'il y ait trente appareils d'alarme dans un même circuit, et que l'appareil n° 10 soit établi le premier et mis en possession du circuit, et que pendant qu'il travaille, on ait à se servir des appareils n°s 20, 3, 5 et 1. Tous seront établis, mais aucun d'eux ne pourra agir avant que le n° 10 ait terminé. Aussitôt après (et en réalité le temps pris par la transmission ne sera que de quelques secondes) chacun des appareils d'alarme établis, se déchargera dans l'ordre qu'il occupe par rapport à la station qui reçoit, c'est-à-dire que celui qui est le premier dans l'ordre fonctionnera le premier ; ainsi le récepteur enregistrera successivement la transmission du n° 10, puis celle des n°s 1, 3, 5 et 20.

L'appareil est pourvu de différents mécanismes ingénieux pour changer le caractère du signal ou pour changer sa direction ; la manivelle est aussi disposée de telle sorte qu'elle pourra être employée comme clef Morse ; on pourra dans ce cas avoir une transmission manipulée et non plus seulement celle de messages stéréotypés à l'avance sur le cadran. Mais, comme on le pense bien, l'usage de cette clef exige l'intervention d'employés spéciaux.

L'arrangement entier est très-intéressant et mérite l'attention des autorités locales. Il convient à un service public comme à un service privé, et il peut être utilisé comme appareil d'alarme pour les incendies et pour la police.

(Engineering.)

SUR LES

PROPRIÉTÉS ÉLECTRIQUES ET CAPILLAIRES

DU MERCURE

EN CONTACT AVEC DIFFÉRENTES SOLUTIONS AQUEUSES (*).

(Note de M. Lippmann, présentée par M. Jamin à l'Académie des sciences.)

Lorsque du mercure est en contact avec de l'eau pure ou acidulée, il suffit d'ajouter à cette eau une petite quantité de certaines substances pour changer notablement deux des propriétés physiques de la surface de contact : la constante capillaire ou tension superficielle, d'une part, et d'autre part la force électromotrice, c'est-à-dire la différence des potentiels électriques de l'eau et du mercure. Les expériences que j'ai exécutées sur cette question dans le laboratoire de M. Jamin, et que j'ai l'honneur de soumettre à l'Académie, ont conduit à cette relation très-simple : pour chaque valeur de la force électromotrice, la constante capillaire a une valeur déterminée et une seule, *indépendante de la composition chimique* du liquide. En d'autres termes, *si pour deux combinaisons différentes la force électromotrice est la même, la constante capillaire est la même également.*

Pour vérifier cette loi, j'ai d'abord employé l'appareil très-simple suivant : deux tubes capillaires égaux, T, T', sont placés verticalement côte à côte et communiquent

(*) Voir *Annales*, t. IV, p. 232, etc.

par leur partie inférieure avec un même réservoir de mercure; leurs parties supérieures sont munies de deux entonnoirs, E, E′, destinés à recevoir les liquides en expérience. Si l'on a mis en E et en E′ un même liquide, par exemple, de l'eau additionnée de 1/6 de son volume d'acide sulfurique (*), la dépression capillaire du mercure est la même dans les deux tubes, puisque tout est symétrique de part et d'autre. On ajoute dans l'un des ubes un peu d'acide chlorhydrique, ou bien une trace de bichromate de potasse; la première de ces substances augmente, la seconde diminue la dépression du mercure; les ménisques dans les deux tubes cessent d'être à la même hauteur. On met alors les réservoirs E et E′ en communication électrique l'un avec l'autre au moyen d'un tube fin rempli d'eau acidulée. On voit aussitôt les ménisques de mercure se mettre en marche et venir se fixer dans un même plan horizontal. Le tube de communication a été parcouru par un courant électrique de courte durée, qui a eu pour effet d'égaliser les forces électromotrices des deux ménisques; l'égalité des forces électromotrices a entraîné celle des constantes capillaires, ce qui démontre la loi énoncée. Quand on supprime la communication électrique, l'inégalité des différences électriques se reproduit et en même temps l'inégalité de niveau.

Une autre vérification très-précise a été obtenue au moyen d'un appareil plus parfait. Un tube vertical, ouvert aux deux bouts, est effilé en pointe fine à son extrémité inférieure; il contient une colonne de mercure d'environ 40 centimètres de hauteur, laquelle est soutenue par la pression capillaire du petit ménisque qui se

(*) Cette eau acidulée a sur l'eau pure l'avantage de bien mouiller le verre, ce qui élimine les variations de l'angle de raccordement.

forme dans la pointe effilée. Cette pointe plonge dans un vase de verre V contenant de l'acide sulfurique étendu, auquel on peut mélanger des corps propres à faire varier la constante capillaire du ménisque, tels que l'acide chlorhydrique, l'acide chromique, etc. La différence électrique du ménisque peut être maintenue constante. A cet effet, on fait communiquer le mercure et le liquide en expérience respectivement avec du mercure et de l'eau acidulée contenus dans un large vase V'; on peut alors constater que les changements de composition du liquide V ne font pas varier la position du ménisque; on s'en assure au moyen d'un microscope à réticule. Si l'on supprime les communications électriques décrites plus haut, le ménisque devient, au contraire, très-sensible aux changements de composition chimique du liquide.

Il est nécessaire d'employer pour ces expériences des substances qui, à faible dose, agissent très-fortement sur la constante capillaire; deux solutions aqueuses que l'on met en contact ne prennent sensiblement le même potentiel électrique que si elles ont à peu près la même composition chimique. Entre deux liquides très-différents, comme l'acide chlorhydrique et l'acide sulfurique, pris chacun purs et étendus, il se produit une force électromotrice de contact qui compliquerait l'expérience. Comme corps actifs à faible dose, on peut citer : 1° les hydracides et les hyposulfites de soude; 2° le bichromate et le permanganate de potasse en présence des acides.

Le chlore, l'acide sulfureux et l'acide carbonique sont au contraire peu actifs. Le brome et l'iode agissent dans le même sens que les hydracides et en sens contraire des corps oxydants, tels que l'acide chromique.

CHRONIQUE.

Second câble de Bône à Marseille.

Le steamer *la Calabria*, de la *Maintenance Company*, a posé, dans le courant de juillet et pour le compte de l'*Eastern Telegraph Company*, un second câble de Bône à Marseille.

Le système Morse est celui dont on se sert pour l'échange des transmissions.

La pile employée se compose, à Marseille, de 10 éléments positifs et 9 éléments négatifs; à Bône, de 9 éléments positifs et 8 éléments négatifs.

La vitesse de transmission est, en moyenne, de 2 minutes pour une dépêche de 20 mots.

Résistance du diélectrique après 10 minutes :

Avec le pôle zinc,	12.264	mégohms par mille marin;	
Avec le pôle cuivre,	12.361	*id.*	*id.*

Résistance du cuivre (conducteur) : 11^{ohms},313 par nœud, la température de la mer étant de 57°,5 Fahreinheit.

La longueur du câble immergé est de 463,09 milles nautiques.

Câbles du littoral.

La *Charente* a, dans le courant des mois de juillet et août, réparé ou remplacé les câbles sous-marins reliant au continent les îles de Chausey, Groix, Belle-Ile, Noirmoutiers et Ré.

L'*Ampère* a posé, dans le courant de juin, les câbles reliant au continent les îles de Sein (longueur 11,700 mètres, de l'île de Sein à la baie des Trépassés, à travers le raz de Sein) et de Molènes (longueur 14,700 mètres, de l'île à l'anse de Portz-

moguer) et remplacé le câble d'Ouessant à Laberildut (longueur 23,400 mètres).

Ces divers câbles, tous à double armature, ont été fabriqués à l'usine de Toulon.

Le conducteur est un toron intérieur de 7 fils de cuivre.

La première armature se compose de 17 fils de fer homogène de 2 millimètres et demi de diamètre ; la seconde, de 10 fils de fer de 7 millimètres.

Le poids de ce câble est de 4 kilogrammes par mètre.

L'*Ampère* a également établi en juillet, à l'embouchure de la Seine, entre la pointe de l'Eure (le Havre) et Penne-de-Pie (côte du Calvados), un gros câble à cinq conducteurs de 9.600 mètres de long. Voici la spécification de ce câble, fabriqué à Paris dans les ateliers de la maison Menier, à Grenelle.

Conducteur de chacun des cinq âmes. — Toron de 7 fils de cuivre de 7 dixièmes de millimètre chacun ; conductibilité du cuivre au moins 90 p. 100 de celle du cuivre pur.

Diélectrique de chacune des cinq âmes. — Trois couches ou enveloppes de gutta-percha de première qualité alternant avec de la composition Chatterton et portant le diamètre extérieur de 6^{mm},9 à 7 millimètres. Après vingt-quatre heures d'immersion dans l'eau à 24° centigrades, et l'épreuve étant faite avant que l'âme ne soit recouverte de son enveloppe extérieure, la résistance du diélectrique après une minute d'électrisation est au moins de 450 megohms par kilomètre.

1re *enveloppe des cinq âmes* = en jute tané ou phormium.

1re *armature* = 15 fils de fer galvanisé de 5 millimètres de diamètre.

2e *enveloppe* = en jute tanné ou phormium.

2e *armature* = 11 torons composés chacun de 3 fils de fer galvanisé de 5 millimètres de diamètre.

Poids : 9 kilogr. par mètre.

De la transmission électrique à travers le sol *par l'intermédiaire des arbres.*

(Note de M. Th. du Moncel à l'Académie des sciences.)

Conclusions. — 1° Les arbres sont tous plus ou moins con-

ducteurs, et leur conductibilité dépend de la quantité de liquide qu'ils contiennent. 2° Les racines d'un arbre jouent le rôle d'électrodes, et leur efficacité, comme agent de transmission, est en rapport avec la conductibilité de l'arbre et leur développement. 3° Le chiffre de la résistance d'un arbre à partir de ses feuilles, en ne supposant le contact effectué que sur quelques-unes d'entres elles, varie de 2 à 4.000 kilomètres de fil télégraphique (en nombre rond). Celui de leur tronc, sur une hauteur de 7 à 8 mètres, ne dépasse guère, pour des arbres un peu forts, 3.000 kilomètres avec l'intermédiaire du sol, et varie de 2.000 à 7.000 kilomètres entre de petites électrodes métalliques. 4° Il n'y a pas, en conséquence, lieu de trop s'effrayer du contact des lignes télégraphiques avec des feuilles d'arbre, car il est des isolateurs enfumés employés sur ces lignes qui ne sont guère plus résistants. 5° La résistance des édifices ordinaires étant environ de seize à vingt fois plus grande que celle des arbres, on pourrait croire que des maisons entourées d'arbres devraient recevoir d'eux une protection contre la foudre, du moins en admettant que la hauteur des arbres ne fût pas inférieure à celle des maisons; mais comme il pleut en temps d'orage et que la pluie, en recouvrant les arbres et maisons d'une couche humide, amoindrit les différences de conductibilité qu'ils peuvent présenter, l'effet protecteur des arbres ne peut résulter que de la prépondérance de leur hauteur.

(*Les Mondes.*)

Pile L. Maiche (*).

Sous la forme rudimentaire, ma pile se compose de zinc amalgamé et de charbon platiné, plongeant dans de l'eau acidulée par l'acide sulfurique au dixième.

Si l'on réunit le zinc au charbon, au moyen d'un circuit extérieur, l'eau est décomposée, l'oxygène attaque le zinc et l'hydrogène, qui s'attacherait à la surface du charbon ordinaire en le recouvrant comme d'un vernis, se détache du charbon

(*) Voir *Annales*, t. IV, p. 182.

platiné dont il est vivement repoussé; les bulles viennent crever à la surface de l'eau, disparaissent, et tant qu'il reste de l'eau acidulée, l'action continue avec une remarquable fixité.

Ces points généraux étant présentés, voici la forme que j'ai adoptée :

Étant donné un bocal en verre, un fil de platine long de 2 centimètres passe au travers du verre à un demi-centimètre au-dessus du fond du bocal; une extrémité du fil est libre à l'intérieur, l'autre est soudée à une presse en cuivre qui s'applique à la surface extérieure du verre.

On verse un peu de mercure au fond du bocal, de manière à recouvrir le fil de platine; sur ce mercure, on peut mettre un morceau de zinc de n'importe quelle forme; il s'amalgame tout seul.

Le contact établi par le mercure se transmet au fil de platine et à la presse extérieure de la manière la plus intime.

Le bocal étant rempli d'eau acidulée est fermé par un couvercle en caoutchouc durci, traversé par un fil de platine, dont l'un des bouts est fixé à une presse en cuivre vissée dans l'épaisseur du couvercle; l'autre bout traverse de part en part une lame en charbon plâtiné, et la tient en suspension dans l'eau acidulée.

Grâce à cette disposition, l'eau acidulée reste toujours limpide; le zinc et le charbon sont aussi nets après plusieurs mois de service que le premier jour, et il n'y a jamais à s'occuper du nettoyage des contacts; le zinc peut s'user jusqu'au dernier atome, et la dépense de mercure est nulle, la même quantité servant indéfiniment.

Dans certains cas, l'usage de l'acide sulfurique exige quelques précautions; j'ai pensé que ce serait une chose très-agréable de pouvoir se le procurer sous une forme solide. — Le bisulfate de soude semble fait exprès pour cela; cristallisé, il renferme un équivalent d'acide sulfurique libre, prêt à s'unir au zinc; il suffit donc, pour aciduler l'eau, d'y faire dissoudre 15 à 20 p. 100 de bisulfate de soude.

La pile ainsi montée possède une force électromotrice que l'on peut évaluer à 0,75, celle de Bunsen étant prise pour unité. Le rendement en électricité est tel, que l'oxydation d'un équi-

valent de zinc peut réduire dans un bain galvanique un équivalent de cuivre à quelques millièmes près : le kilogramme de cuivre ainsi déposé ne coûte pas 1 fr.

Cette pile présente encore l'avantage de pouvoir s'appliquer, soit à l'obtention de courants puissants, tels que ceux qu'exige la lumière électrique, soit pour fournir des courants de longue durée employés dans la télégraphie et pour les sonneries. Un seul élément renfermant 500 grammes d'eau acidulée pourra faire fonctionner une sonnerie électrique servant cent fois par jour pendant dix ans, sans exiger aucune espèce de surveillance ou d'entretien.

(*Les Mondes.*)

Nouvelle batterie d'éléments à deux liquides

de M. Hertz.

Le zinc et le charbon d'une pile Bunsen sont fixés à une traverse qui permet de les soulever; on évite le mélange des liquides, lorsque la pile ne fonctionne pas, en rendant imperméable la partie inférieure des vases poreux.

Lorsqu'on plonge les zincs et les charbons dans les vases, le niveau des liquides monte, et la communication s'établit entre eux.

(*Les Mondes.*)

Étude comparative des observations de jour et de nuit

faites par MM. F. Perrier et L. Bassot.

(Note de M. F. Perrier à l'Académie des sciences.)

M. Élie de Beaumont, dans son rapport, en date du 16 mars 1874, sur la nouvelle mesure de la méridienne de France, nous recommandait instamment, au nom de l'Académie, l'essai des observations de nuit et l'étude comparative du

degré de précision qu'elles comportent par rapport aux observations de jour. Nous avons considéré comme un devoir et comme un respectueux hommage à la mémoire de l'illustre géologue d'entreprendre cette étude en nous inspirant des conseils qu'il nous avait donnés, et nous venons rendre compte à l'Académie de résultats que nous avons successivement obtenus.

MM. Biot et Arago d'abord, les colonels Bonne et Henry plus tard, pourvus de cercles répétiteurs, avaient signalé, en première ligne, la difficulté de réaliser, pendant la nuit, un éclairage commode et régulier des divisions du limbe et du champ de la lunette. Grâce à l'emploi du nouveau cercle azimutal, cet inconvénient a disparu. Il suffit, en effet, de suspendre au-dessus du centre de l'instrument et à une hauteur convenable, une lampe surmontée d'un large réflecteur en porcelaine et de placer au devant du centre de l'objectif un petit miroir convenablement incliné, pour obtenir, dans toutes les positions de la lunette et des microscopes, un éclairage parfait.

Pour la production des signaux de nuit, nous avons renoncé à l'usage des réverbères, qui ne peuvent pas toujours être dirigés sûrement, sont d'un entretien difficile et doivent avoir des dimensions considérables lorsque les côtés géodésiques atteignent 40 et 50 kilomètres de longueur; et nous avons adopté l'emploi des collimateurs optiques, dont la première et la plus brillante application remonte aux belles expériences de M. Fizeau sur la vitesse de la lumière, et qui ont été adoptés dans ces derniers temps par MM. Maurat, Cornu et MM. Laussedat et Mangin, aux besoins de la télégraphie optique.

Dans chacun de nos appareils, construits sur les dessins de M. Mangin, l'objectif a $0^m,20$ de diamètre et $0^m,60$ de distance focale, la lampe est à pétrole et à mèche plate de 2 millimètres d'épaisseur. L'ouverture focale est ronde et a 5 millimètres de diamètre; le faisceau lumineux, émergeant de l'objectif, a une amplitude de 1 degré environ et peut être dirigé sûrement à l'aide d'une lunette auxiliaire dont l'axe est parallèle à celui du collimateur.

Avec ces appareils, on produit, par l'illumination de l'ob-

jectif, des signaux visibles par les temps favorables et à l'œil nu, juqu'à 80 kilomètres de distance; les images, obtenues au foyer d'une lunette géodésique, paraissent le plus souvent colorées en rouge, mais sont rondes, à contours bien limités, de teinte uniforme, et offrent, lorsqu'elles deviennent fixes, une bissection facile et sûre, comparable à celle des étoiles de première ou de deuxième grandeur.

Après le coucher du soleil, les signaux ne tardent pas à être visibles, et l'on voit se reproduire aussitôt les phénomènes de dilatation et de sautillement qui affectent les images solaires, quelques instants avant le coucher de l'astre. Peu à peu cependant les images deviennent fixes, leur diamètre apparent se réduit dans des proportions convenables et une heure environ après la fin du jour, on entre dans une période de calme d'une durée variable, mais qui se prolonge souvent au delà de minuit.

Afin que nos comparaisons fussent décisives, nous avons résolu de faire *en double*, c'est-à-dire *de jour et de nuit*, toutes les stations de la campagne d'été de 1875. Ces stations sont au nombre de 10, entre la tour de Sermur et le sommet d'Humbligny, et situées à des altitudes comprises entre 200 et 750 mètres; les côtés qu'elles forment réunissent tous les cas possibles d'inclinaison et d'orientation des rayons lumineux qui peuvent se présenter dans une grande triangulation.

Chaque série observée la nuit n'est que la répétition d'une série de jour. Deux séries conjuguées sont faites dans des conditions identiques en ce qui concerne l'instrument, l'observateur et le nombre des pointés au fil mobile de l'oculaire, et ne diffèrent entre elles que par la nature des signaux visés et l'heure des observations.

Les résultats montrent :

1° Que les erreurs moyennes ou le degré de précision d'une observation isolée, pour le jour et la nuit, sont du même ordre de grandeur;

2° Que les directions observées la nuit semblent mieux satisfaire aux conditions géométriques qui s'imposent à toute triangulation, en d'autres termes, que les erreurs provenant de l'atmosphère se compensent mieux pour les observations de nuit que pour celles de jour.

Dans une deuxième note, M. Perrier fera connaître à l'Académie le résultat des comparaisons qu'il a faites, en septembre 1876, au sommet du Puy-de-Dôme, et en février 1877, à Alger.

Nouvelle lampe électrique à rhéophores *circulaires obliques*, *de M. E. Reynier.*

Je me suis proposé de réaliser une lampe électrique fonctionnant 24 heures. Pour obtenir ce résultat avec une lampe à rhéophores rectilignes, il faudrait donner à l'appareil environ 5 mètres de hauteur. Un semblable régulateur n'étant pas pratiquement réalisable, je me suis trouvé conduit à étudier l'emploi des rhéophores circulaires.

Cet emploi des disques en charbon avait été tenté plusieurs fois, sans réussite, par divers inventeurs. L'insuccès provenait de dispositions mécaniques mal appropriées, et surtout de la position respective et défectueuse des disques, qui masquaient la plus grande partie de la lumière obtenue.

Ayant disposé autrefois (dans des études sur les lampes électriques hydrostatiques) des rhéophores qui se rencontraient angulairement, j'avais remarqué que, dans ce cas, la plus grande partie de la lumière se trouve émise au sommet de l'angle. J'ai mis à profit cette observation dans la construction du nouvel appareil, et je suis ainsi parvenu à supprimer presque complètement les occultations, jusqu'alors réputées inhérentes à l'emploi des disques.

Dans l'éxécution de la partie mécanique de la lampe, j'ai renoncé à l'emploi, pourtant simple en apparence, d'un moteur unique animant les deux rhéophores. Cette solidarité des charbons ne permet pas d'obtenir les mouvements individuels indispensables pour produire l'allumage, l'écart, le rallumage spontané et le réglage automatique de la longueur de l'arc, nécessité par l'usure des disques et les variations du courant.

J'ai donc pourvu chaque rhéophore d'un mouvement d'horlogerie spécial. Ces deux moteurs, munis de tourillons, peuvent osciller individuellement avec leurs rhéophores res-

pectifs. L'un d'eux est manœuvré par l'opérateur pour la mise en place des charbons; l'autre, commandé par un solénoïde intercalé dans le circuit, oscille automatiquement pour mettre en contact, écarter ou rapprocher les charbons en temps opportun.

Le modèle que j'ai l'honneur de mettre sous les yeux de l'Académie est à lumière zénithale; il existe un autre type émettant la lumière vers le nadir, et qui ne diffère de celui-ci par rien d'essentiel.

Dans ces appareils, le rhéophore mobile obéit immédiatement au commandement du solénoïde, dont l'effort magnétique variable est continuellement l'expression de l'énergie du courant. Je pense que cette propriété rendrait possible la division d'un courant électrique suffisamment intense, dans plusieurs lampes de mon système.

(*Comptes rendus.*)

Lumière électrique.

Le 27 juin 1877, on a expérimenté fort en grand, à Londres, dans les docks des Indes Occidentales, l'éclairage électrique de M. Jablochkoff, sous la direction de M. Denayrouse. Le matériel d'expérience comprenait une machine magnéto-électrique mue par une petite machine à vapeur, des fils électriques isolés, et les chandelles électriques dont nous avons déjà parlé. On a d'abord éclairé par quatre chandelles une très-grande cour; les lumières produites, adoucies par des verres dépolis, permettaient de lire de très-petits caractères à une très-grande distance, sans que l'œil fût ébloui ou fatigué. On a éclairé ensuite avec le même succès l'extérieur et l'intérieur de plusieurs édifices des quais. La lumière de chaque bougie équivalait à 100 becs de gaz, et l'on assure qu'elle coûtait beaucop moins cher. Nous regrettons d'autant plus de n'avoir pas assisté aux expériences de Paris, que les récits qu'on nous en a faits sont contradictoires. Les crayons de charbon enfermés entre les plaques de porcelaine fondraient facilement, et la lumière produite n'aurait pas une très-longue durée. Il nous

tarde d'être bientôt entièrement fixé sur cette curieuse invention.

F. Moigno. (*Les Mondes.*)

Éclairage électrique.

De très-belles expériences sur la lumière électrique ont eu lieu récemment au palais de l'Industrie par les soins de M. Bréguet. L'intérieur, dont la superficie est de 12,000 m.q., a été éclairé par deux lustres électriques composés chacun de six lampes suspendues à 27 mètres du sol. Ces douze appareils, du système Gramme, étaient menés par deux machines à vapeur de la force de 25 chevaux chacune, établies dans des cabanes en planches, construites à droite et à gauche de la porte d'entrée située en face de la rue Jean-Goujon.

L'effet a été des plus satisfaisants. Les statues conservées dans l'intérieur de la nef, éclairées par une lumière verticale, produisaient un très-bel effet.

Ces expériences sont destinées à déterminer les meilleures conditions pour l'éclairage électrique de cet immense bâtiment.

Le principe de la division de la lumière a reçu une confirmation éclatante. On n'avait d'abord qu'un seul lustre; puis le nombre des lustres a été porté à deux, et sera ultérieurement porté à trois.

On a calculé qu'il aurait fallu au moins 10.000 bougies, également réparties de mètre en mètre, pour éclairer le plancher à peu près de la même manière.

La nef ayant 30 mètres de hauteur, l'éclairage de l'espace compris dans la nef réclamerait, s'il était possible, au moins 300.000 bougies.

(*Les Mondes.*)

Illumination en mer.

Tout le monde s'accorde à faire le plus grand éloge du mode d'éclairage qui constitue le signal de détresse de Holmes. Il est

produit par un projectile lancé par un mortier à des distances variant de 500 à 2.500 mètres. En touchant l'eau, le projectile flotte à sa surface, éclate immédiatement, et répand pendant 30 ou 40 minutes une flamme très-blanche et très-intense. Une demi-douzaine de ces projectiles lancés d'un bâtiment cuirassé l'entoureraient d'un cordon de lumière infranchissable; par ce moyen, et pendant qu'il resterait lui-même dans l'ombre, il pourrait surveiller très-efficacement les moyens d'attaque de l'ennemi, torpilles ou autres.

(*Les Mondes.*)

La contraction musculaire et l'électricité.

La contraction musculaire est toujours accompagnée de phénomènes électriques. La différence de la puissance électrique entre deux points d'un muscle subit une diminution qui, d'après Beunstein, précède la contraction de 1/100 de seconde. La variation électrique a été observée sur divers muscles, et en particulier sur ceux du cœur (par du Bois Reymond et Hühne); M. Marey a représenté la chose graphiquement en photographiant les indications d'un électromètre capillaire de Lippmann. Le *Journal de physique* nous apprend que M. de la Roche a tenté l'expérience sur le cœur d'un homme vivant. Deux points de l'épiderme de la poitrine ont été réunis avec les pôles d'un électromètre capillaire, par le moyen d'électrodes, formés chacun d'une lame de zinc amalgamé, avec un tampon de mousseline saturé de sulfate de zinc aux extrémités inférieures

Les lames de zinc soutenues par des bretelles furent appliquées : l'une d'elles, avec son tampon opposé au cœur, sous le mamelon gauche; l'autre, sur un point différent de la poitrine. On vit alors la colonne de mercure exécuter une série très-distincte de pulsations périodiques et synchroniques avec le pouls; chaque pulsation marquait même le double mouvement du cœur (celui des oreillettes et celui des ventricules). Le résultat obtenu correspond à 1/1000 Daniell.

(*Revue médicale française el étrangère.*)

Électricité dégagée par le corps humain.

Il est admis depuis longtemps, d'après des données positives et concluantes, que le corps humain est chargé d'électricité dans les altitudes et l'atmosphère excessivement sèche des hauts plateaux de la Sierra-Nevada et des Montagnes Rocheuses. Mais ce qui n'est pas généralement connu, c'est que cette électricité accumulée peut offrir de très-grands dangers pour les personnes porteurs de substances explosibles.

Deux accidents très-graves et douloureux ont eu lieu à quelques mois de distance à l'entrée du tunnel de Futro, occasionnés tous les deux par l'explosion subite et en apparence incompréhensible d'une certaine quantité d'amorces dans une capsulerie. Dans le premier de ces cas, M. Henry L. Foreman, homme de grand savoir, attaché précédemment au bureau du service télégraphique à Washington, examinait quelques-uns de ces engins, lorsque 200 d'entre eux éclatèrent et l'aveuglèrent en le blessant grièvement. C'étaient de grandes amorces en cuivre pour canon, longues d'un pouce, chargées de fulminate de mercure.

Deux fils métalliques isolés par un fourreau en gutta-percha, communiquent avec l'amorce, et c'est par leur conduit que l'étincelle électrique est transmise une fois les amorces placées en contact avec les cartouches faites avec diverses combinaisons de nytroglycérine, et, faisant éclater l'amorce, met le feu à la poudre.

Le second accident, survenu il y a quelques semaines seulement, à peu près dans les mêmes circonstances, au même endroit a atteint M. Thomas Coombs, qui a perdu la main et une partie du bras gauche. Il était occupé à empaqueter dix de ces engins, lorsque tout à coup, sans qu'un choc eût lieu et sans cause apparente, ils firent explosion, mutilant ce malheureux si cruellement qu'une amputation immédiate a dû être pratiquée.

Ces malheurs ont amené M. Sutro à entreprendre une série d'expériences pour arriver à déterminer sérieusement les causes de ces explosions inexplicables. Elles avaient fait naître dans son esprit la pensée qu'elles étaient dues à l'électricité

qui se dégage du corps humain, et c'est dans le but de s'en assurer qu'il a tenté ses expériences. A cet effet, il plaça dans une pièce ouverte et dont le parquet était recouvert d'un tapis isolateur, une caisse dans laquelle quelques engins explosibles de peu de portée étaient renfermés. Des fils métalliques communiquant intimement avec eux étaient disposés de façon à pouvoir être touchés à une distance suffisante pour éviter tout danger. Après s'être promené quelques instants dans la chambre, M. Sutro approcha son doigt de l'extrémité de l'un des fils, et aussitôt une explosion eut lieu.

Renouvelée plusieurs fois avec différents appareils explosifs, tels que ceux employés par la *San Francisco Company*, ceux de la compagnie *Electrical Construction*, cette expérience a constamment produit des résultats analogues.

Elle démontre que les engins explosifs peuvent être déchargés par l'électricité accumulée dans le corps humain, et des instructions ont été données dans ce but à tout le personnel du tunnel. C'est ainsi que l'on munit les hommes de chaussures conductrices de l'électricité, qu'on leur fait humecter leurs chaussures avant de pénétrer dans les lieux où se trouvent les matières dangereuses, et qu'on prend toutes les précautions indiquées par la science pour éviter le sort des malheureux MM. Foreman et Coombs qui, on n'en doute plus, ont été victimes d'accidents ainsi amenés.

(*Journal officiel*).

Sur le diamagnétisme de l'hydrogène condensé

(Note de M. Blondlot à l'Académie des sciences.)

Le palladium chargé d'hydrogène est moins magnétique que le palladium non chargé, ce qui conduit à attribuer à l'hydrogène condensé des propriétés diamagnétiques énergiques. Deux lames identiques sont découpées dans le même morceau de palladium, puis l'une d'elles est chargée d'hydrogène. Cela fait, on dispose ces lames en croix, et on les suspend par un fil de cocon entre les pôles de l'électro-aimant de Ruhmkoff. Toujours la lame non chargée prend la position

axiale. Plus simplement encore, une lame rectangulaire allongée est chargée dans la moitié de sa longueur seulement; suspendue par un fil de cocon devant *un seul* pôle d'aimant, la partie non chargée se tourne toujours du côté de l'aimant.

(*Les Mondes*.)

Sur la longueur de l'étincelle

d'une pile voltaïque dans différents gaz aux pressions atmosphériqnes ordinaires.

Par MM. Warren de la Rue, Hugo, W. Muller.

Vioci les résultats de quelques observations faites avec notre pile au chlorure d'argent sur les phénomènes observés dans la décharge voltaïque à travers différents résidus gazeux contenus dans des tubes vides.

Nous avons trouvé que la longueur de l'étincelle, sous les pressions atmosphériques ordinaires, est la plus longue dans les gaz suivants : hydrogène, nitrogène, oxygène, acide carbonique. Elle est presque deux fois plus longue dans l'hydrogène que dans l'air. L'étincelle dans l'air entre un point (positif) et une plaque (négatif) avec notre pile de 8.040 éléments a une longueur d'environ 0,34 pouce; dans l'hydrogène, la longueur est de 0,60 pouce. Nous mentionnons en passant que nous sommes occupés à faire une pile de 10.440 éléments. La longueur de l'étincelle ne nous paraît pas dépendre du poids spécifique du gaz, mais bien plutôt de sa viscosité.

(*Les Mondes*.)

De l'électricité dans le maniement des chevaux

On vient d'expérimenter un nouveau moyen d'exciter et de modérer les chevaux affectés à la traction des voitures publiques. Le cocher a sous son siége un appareil électromagnétique, qu'il manœuvre à l'aide d'une petite poignée. Un fil de métal passe à travers les rênes de la croupe, au mors, et par-

court ainsi toute la longueur de l'épine dorsale du cheval. Un choc subit imprimé par la machine suffit à faire arrêter le cheval le plus emporté. La bête ardente ou vicieuse est transformée en une espèce de cheval de bois, les pieds solidement fixés au sol. Par un contraste curieux, l'effet opposé est également produit par une succession de petits chocs électriques. Sous cette influence, les chevaux les plus poussifs sont doués d'une vigueur et d'une agilité indescriptibles.

(*Les Mondes.*)

Magnétisme du nickel et de ses alliages.

Par M. le colonel Goulier (Société d'encouragement).

Voulant avoir, pour les divisions des boussoles nivelantes, un métal blanc plus dur que l'argent, j'ai employé pour cela le maillechort, alliage contenant de 20 à 30 p. 100 de nickel, et, à ce sujet, je me suis assuré que cet alliage, soit dans les monnaies ayant cours en Belgique et en Suisse, soit dans les pièces pour instruments, était sans action appréciable sur l'aiguille aimantée, même au contact.

Ce fait paraît en contradiction avec la puissance magnétique, très-voisine de celle du fer, qu'on attribue généralement au nickel. Cependant je me suis vu dans l'obligation d'enlever des boussoles topographiques que j'employais des pièces de laiton, dont l'action sur l'aiguille aimantée était très-grande, quoiqu'elles ne pussent contenir que de très-petites quantités de fer. Peut-être ce dernier métal y était-il, non pas allié, mais disséminé en grains invisibles. J'ai déduit de ces résultats que les nickels déposés électriquement ont des actions magnétiques diverses, soit par suite de la composition du bain, qui pourrait contenir du fer, soit par toute autre cause.

Conclusion. — 1° On peut se procurer, pour la fabrication des instruments renfermant une aiguille aimantée, non-seulement des laitons, mais encore des maillechorts sans action magnétique notable; ce qui est important, parce que de très-habiles constructeurs ont prétendu qu'il était impossible de

Si la chambre dans laquelle on opère est chauffée seulement à 500 degrés Farenheit et que l'expositión soit continuée seulement pendant cinq heures, on obtient une surface qui résistera au papier d'émeri pendant un fort long temps et qui ne se rouillera pas à l'intérieur des habitations ni par un degré modéré d'exposition à l'humidité. Si le procédé d'oxydation est conduit jusqu'à 1.200 degrés Farenheit et continué pendant six ou sept heures, la surface résistera à la lime et supportera l'exposition à quelque degré d'humidité que ce soit.

L'oxydation n'affecte aucunement la surface du fer, si ce n'est qu'elle le rend noir. Le fer forgé conserve ses aspérités ; une surface polie conserve tout son poli. Si dans le revêtemen d'oxyde on pratique une solution de continuité, l'oxydation ordinaire, c'est-à-dire la rouille, se produit à l'endroit non protégé, mais elle reste strictement limitée à cet endroit et ne montre aucune tendance à s'étendre latéralement sous l'oxyde noir ou à le détacher des parties sous-jacentes.

Le professeur Barff n'ayant pas à sa disposition de chambre à chauffer de suffisante grandeur, n'a pu jusqu'à présent traiter des articles de fer de grandes dimensions; mais il a présenté un grand nombre de spécimens de petits articles, qui ont été soumis à des épreuves de toute nature, tels que canons de fusil, tuyaux, vis, verroux, marmites de fonte, etc. On a laissé ces objets pendant six semaines de ces derniers temps d'humidité et de pluie, exposés sur un pré à Bayswater, sans qu'ils aient subi aucun changement, sans une seule tache de rouille, si ce n'est sur des parties qui, soit à dessein, soit par accident, n'étaient pas protégées.

Un des spécimens présentés à la Société des arts était un long verrou dont le professeur Barff avait enlevé, sur la moitié de sa longueur, la couche d'oxyde noir avant de l'exposer sur le pré. La portion dénudée s'est couverte d'une couche de sesquioxyde d'une grande épaisseur, mais la partie qui était protégée est restée sans changement, et il a été impossible de faire soulever l'oxyde noir à la ligne de démarcation. La couche d'oxyde noir formait une partie intégrante du fer lui-même, et l'on ne pouvait les détacher l'un de l'autre.

Un autre spécimen était la tête d'un tuyau de gouttière; après lui avoir donné son revêtement d'oxyde noir, on l'avait

brisé au marteau, puis jeté dans un trou d'évier du laboratoire de M. Barff, où il était constamment arrosé non-seulement d'eau, mais par des liquides corrosifs. La rouille s'était formée aux angles des fractures, mais les surfaces protégées étaient restées absolument intactes.

Parmi les applications probables les plus intéressantes de cette invention, il faut compter la protection des bouilleurs des machines à vapeur et des plaques des bâtiments cuirassés. Le professeur Barff espère que par certains arrangements il sera possible d'opérer sur de très-grands articles manufacturés sans y employer une chambre chauffée assez grande pour les contenir.

Les applications du procédé semblent être illimitées; il sera appliqué à très-peu de frais et l'on pourra l'employer pour toutes sortes d'objets en fer. Le fer lui-même pourra servir à une foule d'emplois auxquels sa tendance à la rouille le rendait impropre. Les vases de cuivre ne conserveront plus aucun avantage pour la cuisine; les tuyaux de plomb servant à la conduite des eaux seront, suivant toute probabilité, abandonnés.

Une société de Greenwich est sur le point d'entreprendre une série d'épreuves pour vérifier la force des fers ainsi préparés, de manière à pouvoir rendre compte avec autorité de leur emploi dans l'architecture. De son côté, le professeur Barff fait établir une chambre à chauffer de plus grande dimension que celle dans laquelle il a fait ses expériences, et il sera à même, avant peu, de se prononcer sur la valeur commerciale de son procédé.

(*Journal officiel.*)

On lit à ce sujet, dans le même journal, sous la signature de M. de Parville :

« Il est peut-être bon de mettre le lecteur en garde contre un procédé de préservation du fer publié depuis quelques jours comme une découverte capitale. Pour empêcher le fer de s'oxyder, il suffirait, dit-on, de le chauffer à une haute température; il se couvrirait d'oxyde de fer magnétique, et les pièces de fer ainsi préparées seraient désormais à l'abri de l'oxydation. C'est très-exact, mais qu'est-ce que ce moyen pré-

sente de neuf? Tout le monde ne sait-il pas que pour protéger de l'oxydation les rubans d'acier, les ressorts, on les recuit à une assez haute température ; le ressort prend une teinte bleu foncé et ne se rouille plus. Le procédé est employé depuis bien longtemps, seulement le fer rendu ainsi inoxydable offre l'aspect noir, et ce qu'il faudrait obtenir, c'est le fer ne s'oxydant pas et conservant sa teinte métallique caractéristique.

« Tel est le problème à résoudre et qui, malheureusement, a déjoué jusqu'ici les efforts des inventeurs. »

(*Journal officiel.*)

Observatoire du Pic-du-Midi.

L'observatoire météorologique du Pic-du-Midi, de Bigorre, vient d'être relié au réseau télégraphique.

La ligne télégraphique part de Bagnères et aboutit à la station Plantade, au col de Sencours, à une altitude de 2,366 mètres.

Son parcours est de 28 kilomètres.

La partie qui se développe sur la montagne a une longueur de 10 kilomètres et a nécessité l'emploi de 104 poteaux, qui ont été montés à dos d'homme.

Le tracé de cette partie est tout à la fois des plus pittoresques et des plus sûrs.

L'implantation de la ligne a été faite sur les indications et avec le concours de M. l'ingénieur Vaussenat, praticien expérimenté des phénomènes et accidents neigeux du Pic en hiver. Les couloirs d'avalanches sont franchis par de longues et hautes portées ; les couloirs des vents et des orages sont défilés longitudinalement et la ligne ne présente que peu de surprise.

Des parafoudres et des paratonnerres sont disposés sur les points hantés par ces éléments. Enfin, les fils de terre, au nombre de cinq, vont s'immerger dans le lac d'Oncet, à 500 mètres au-dessous de la station.

L'implantation de cette ligne commencée à Bagnères, le 8, a été complétement terminée le 27 septembre.

(*Journal officiel.*)

Nécrologie.

M. Le Verrier,

Directeur de l'Observatoire de Paris.

Le *Bulletin international de l'Observatoire de Paris*, du 23 septembre 1877, annonce en ces termes la mort de M. Le Verrier :

« L'Observatoire de Paris vient de perdre son Directeur.

« M. Urbain-Jean-Joseph Le Verrier est mort le dimanche « 23 septembre 1877, à sept heures du matin.

« Le pays et la science sentiront vivement la disparition du « savant illustre qu'une découverte capitale a tout d'abord « placé au premier rang parmi les astronomes.

« Pendant les vingt années de sa direction à l'Observatoire, « le perfectionnement des moyens d'observation, l'installation « de nouveaux et puissants instruments, la publication des « travaux, la création du service météorologique internatio- « nal et l'administration d'un grand établissement ne suffirent « pas à absorber l'activité du savant. Rien ne l'a détourné de « ce qui était l'essence même de son génie, les hautes vues « de la mécanique céleste.

« Les sciences astronomiques l'ont occupé jusqu'au dernier « moment de sa vie. La dernière page de son œuvre, la « *Théorie des mouvements du système planétaire*, s'imprimait « le jour même de sa mort. »

M. Le Verrier était né à Saint-Lô, en 1811; il avait été élu membre de l'Institut en 1846, en remplacement du comte Cassini, et avait succédé, comme directeur de l'Observatoire de Paris, à Arago, en 1854.

Il ne nous appartient pas d'apprécier les éminents services que l'illustre savant a rendus à la science astronomique; mais nous avons le devoir de rappeler la part qu'a prise M. Le Verrier, comme homme politique, au développement de la télégraphie électrique en France, et de rendre hommage à l'es-

prit de bienveillante courtoisie dont le directeur de l'Observatoire de Paris s'est toujours montré animé dans ses rapports avec l'administration des télégraphes.

Membre des assemblées législatives, et, plusieurs fois, rapporteur de projets de loi intéressant la télégraphie, notamment de la loi du 29 novembre 1850 sur la correspondance privée, M. Le Verrier exerça la plus heureuse influence sur les destinées de la télégraphie électrique qui venait à peine de naître. En 1853, au Sénat, il prit la parole en faveur de la loi du 29 mai 1853, sur l'abaissement des tarifs. En 1864, membre de la commission chargée d'examiner la question de la fusion des administrations des postes et des télégraphes, il se prononça hautement pour l'autonomie des services.

M. Le Verrier est le fondateur de la météorologie télégraphique dont il posa les premières bases dès 1856 : « Il a créé le service des avertissements aux ports, que bénit le marin, celui des dépêches agricoles, qui couvrent maintenant toute la France, et qui resteront la base la plus certaine de l'étude, si pleine d'avenir et de résultats imprévus, des grands mouvements de notre atmosphère. » (M. Tresca, discours prononcé aux obsèques de M. Le Verrier.)

Le directeur de l'Observatoire avait bien voulu reconnaître publiquement et à plusieurs reprises le concours empressé qu'il reçut de l'administration des télégraphes pour l'organisation de ces divers services, et, suivant son expression, « pour toutes les entreprises utiles à la science, à la marine et à l'agriculture ». Ce témoignage devait être rappelé dans ces *Annales :* l'estime d'un homme tel que M. Le Verrier est un honneur dont il faut garder le souvenir.

J. R.

BULLETIN ADMINISTRATIF.

Service télégraphique du Sénégal.

(Extrait d'un rapport de M. de Chauvillerain, chef de service.)

Construction de la ligne de Dagana à Podor. — Le pays que la ligne traverse avait été jusqu'alors très-rarement parcouru par des Européens, et l'on ne pouvait compter sur les cartes dressées en grande partie à l'estime, d'après les renseignements fournis par les indigènes. Les positions de Dagana et de Podor déterminées par le point permettaient seulement d'estimer à 80 kilomètres environ la distance entre ces deux escales.

Après avoir envoyé par le fleuve trente poteaux à Dagana et trente à Podor, destinés à jalonner le terrain et à servir de repère pour le dépôt du matériel, je partis de Dagana le 15 avril avec 25 mulets, 15 conducteurs du train indigènes et 5 surveillants.

Pour choisir la direction première, il y avait à tenir compte des deux conditions suivantes : s'éloigner suffisamment du fleuve pour placer la ligne à l'abri des grandes crues de l'hivernage et trouver sur la route, dans ce pays brûlant, l'eau nécessaire aux travailleurs et aux bêtes de somme employés à la construction et aux tournées de réparation.

Aucune élévation de terrain ne figure sur les cartes de ce pays; cependant, d'après la configuration géographique du bassin du Sénégal et du pays entre Saint-Louis et Dagana, on était fondé à espérer qu'on rencontrerait une chaîne de collines se dirigeant vers Podor : c'est ce que nous avons trouvé en effet.

Nous avons suivi la crête de ces collines en chaînant les distances et en prenant les directions à la boussole; tous les

1.500 mètres on plantait un des poteaux pris à Dagana, et quand ils furent tous employés, nous nous rendîmes à Podor par le plus court chemin. Au retour, on opéra de la même manière en suivant les renflements du terrain dans la plaine qui s'étend de Podor à Ndiaen, point le plus rapproché de la chaîne de collines qui continue à courir dans l'est à partir de ce village.

La ligne se trouve donc placée sur des hauteurs complétement à l'abri des plus hautes eaux de Dagana à Ndiaen, et de ce village à Podor elle est plantée sur les renflements et les bosses du terrain les plus élevés au-dessus de la crue des eaux, qui cependant viendront baigner le pied des poteaux, inconvénient impossible à éviter. Le terrain étant ainsi mesuré et jalonné, on a reconnu que la ligne aurait un développement de 72 kilomètres.

Dès notre retour à Saint-Louis, le matériel nécessaire à la construction étant arrivé de France, nous embarquâmes sur un grand chaland 640 poteaux, 5.600 kilogrammes de fil, les isolateurs, les outils, les vivres et les animaux nécessaires. Le chaland, remorqué par un aviso, quitta Saint-Louis le 8 mai. On débarqua à Dagana tout le convoi et le matériel nécessaire à la construction de la ligne entre ce point et Bokol. Le matériel a été réparti à dos d'homme, savoir : 5 couronnes de fil et 11 poteaux au pied de chacun des poteaux-jalons déjà plantés. L'aviso continua sa route en déposant à Bokol, Fanage, Dialmath, Ndiaen et Podor le matériel désigné pour être employé dans chacune de ces sections, avec des ordres écrits du gouverneur enjoignant aux chefs de ces cantons d'en opérer le dépôt au pied de chaque jalon.

Je partis de Dagana le 10 au matin avec les mulets nécessaires pour prendre les poteaux déposés d'avance que je fis laisser alors à la place même où ils devaient être plantés; en même temps on disposait les vis, isolateurs, cloches d'arrêt et le fil de ligne aux points convenables. Les travailleurs, divisés en trois équipes, suivaient : la première, conduite par le chef surveillant, creusait les trous, plantait les poteaux, plaçait les isolateurs et tendait le fil à la main, en abattant les arbres trop gênants; la deuxième, munie de haches, abattait les arbres et les branches touchant au fil; et la troisième donnait à la

ligne la tension convenable en faisant les soudures. Dans la première journée nous avons construit 9 kilomètres de ligne. Dans les environs de Fanage, il y avait à faire une percée de 5 kilomètres dans un fourré impénétrable; on dut employer deux jours à ce travail en marchant la boussole à la main et en faisant abattre les arbres et les broussailles devant les travailleurs. La température en cet endroit a atteint 56° sous bois, et plusieurs fois, pendant les deux nuits passées dans cette forêt, notre campement a été inquiété par les lions; nous avons passé ces nuits sur pied pour les écarter et pour maintenir nos animaux affolés par ce dangereux voisinage.

D'un autre côté, nous avons rencontré quelques difficultés de la part des indigènes, qui sont très-guerriers et très-indépendants, se trouvant sur les frontières de pays non soumis. On a dû parler et agir vigoureusement pour décider le chef de Dialmath à nous fournir la corvée nécessaire au transport de notre matériel dans son canton; mais tout s'est heureusement terminé.

Dans la plaine de Ndiaen à Podor, les trous ont été creusés très-profondément; les poteaux ont été plantés de 80 en 80 mètres et solidement enterrés. On manquait d'eau et d'ombre et la terre était très-dure à creuser; il a fallu employer la barre à mine pour faire les trous. La ligne suit encore dans cette plaine les renflements de terrain les plus favorablement situés au-dessus des inondations. Un câble de 250 mètres a été mouillé dans le marigot de Doué, et enfin, le 25 mai, le bureau de Podor était monté et correspondait avec le chef-lieu.

Nos prévisions étaient exactes, et nous sommes arrivés à Podor ayant un poteau et une couronne de fil en trop, sans avoir rien laissé derrière nous.

Il reste maintenant à relier à Saint-Louis les postes d'Aeré et de Saldé. L'île à Morphil nous appartient, mais les pays voisins sont habités par des indigènes très-turbulents, ce qui oblige à ne pas sortir des possessions françaises pour établir cette ligne. Mais, comme tout le terrain compris entre les deux bras du fleuve est inondé et ravagé par les crues de l'hivernage, il ne faut pas songer à y planter des poteaux, et il conviendrait de se servir des arbres qui bordent le cours du Sénégal.

État du réseau télégraphique du Sénégal.

De Saint-Louis au poste des pilotes. . . . . 12 kil.

De Saint-Louis à Mouit.	20^k,414	De Saint-Louis à Lampsar. . . .	21^k,310
De Mouit à Bétète.	69 ,062	De Lampsar à Richard Toll. . .	85 ,690
De Bétète à Mhidjem.	60 ,800	De Richard Toll à Dagana. . . .	21 ,000
De Mhidjem à Rufisque.	29 ,879	De Dagana à Podor.	72 ,500
De Rufisque à Dakar.	21 ,857	Total de la ligne de Podor. . .	200^k,500
Total de la ligne de Dakar. . .	202^k,012		

Légion d'honneur.

Par décret du Président de la République, en date du 2 octobre 1877, rendu sur la proposition du ministre de l'intérieur, a été nommé au grade de chevalier :

M. Héquet, inspecteur des lignes télégraphiques, — 25 ans de services, — services exceptionnels depuis 1870, comme chef du poste central de Paris.

Par arrêté du ministre de l'instruction publique, en date du 18 septembre 1877, rendu sur la proposition du ministre de l'intérieur, a été nommé au grade d'officier d'Académie :

M. Le Tual, employé de 1re classe au poste central de Paris, — services distingués, — étude remarquable du télégraphe automatique de Wheatstone.

Le Gérant : Dunod. — Imprimerie Arnous de Rivière, 26, rue Racine.

ANNALES

TÉLÉGRAPHIQUES

Année 1877 Novembre-Décembre

LA TÉLÉGRAPHIE DOUBLE

A LA STATION DE MARSEILLE.

La plupart des systèmes de télégraphie double, actuellement en usage, sont basés sur la méthode du *pont de Wheatstone* ou celle des *bobines différentielles.*

Le problème à résoudre consiste, dans les deux cas, à intercaler un récepteur dans le circuit de la pile de départ, de telle manière que, insensible aux signaux de *départ*, il reproduise régulièrement ceux d'*arrivée.*

On y parviendrait très-facilement si les lignes télégraphiques n'étaient pas soumises à des phénomènes particuliers de charge et de décharge, de condensation, de pertes, etc.... et de plus à des variations continuelles causées par les différences de température, les influences atmosphériques, les contacts intermittents avec des branches d'arbre tantôt sèches, tantôt humides, etc.

On sait qu'une ligne aérienne d'une certaine longueur,

une ligne souterraine ou sous-marine se comporte comme une bouteille de Leyde, quand on la met en communication avec une source électrique. Le fluide se précipite d'abord dans le conducteur pour le charger, ce qui forme la première période de l'*état variable;* puis le courant s'établit d'une manière uniforme, il sort par une extrémité de la ligne autant de fluide qu'il en entre par l'autre, l'intensité est constante en tous les points du circuit; c'est l'*état stable.* Enfin, si l'on supprime la communication avec la pile et qu'on la remplace brusquement par la communication avec la terre, la *décharge* s'opérera par les deux bouts de la ligne; une partie continue à s'écouler par l'extrémité opposée; l'autre partie, revenant sur elle-même, et formant *courant de retour*, se décharge par la nouvelle issue qui lui est ouverte à l'origine de la ligne; c'est la deuxième période de l'état variable.

La durée de chacune des périodes de l'*état variable* est évidemment d'autant plus grande que le conducteur offre une résistance plus considérable au passage du fluide. On accroîtra cette durée en interposant des résistances entre la source électrique et la ligne pour la charge, ou entre la ligne et la terre pour la décharge.

L'intensité de la charge, et par suite de la décharge, est proportionnelle à la longueur du fil, à la force de la pile, et de plus à la *capacité* de la ligne, c'est-à-dire sa faculté de contenir ou de retenir par condensation une certaine quantité de fluide par unité de longueur. Cette capacité est très-grande sur les lignes souterraines et sous-marines; aussi les phénomènes de charge et de décharge se manifestent avec une grande énergie sur ce genre de conducteurs.

Une des difficultés de la télégraphie double consiste justement à faire équilibre à la ligne aussi bien dans la

période variable que pendant l'état stable. Quant aux variations causées par les différences de température et les phénomènes atmosphériques, il est assez difficile d'y remédier, surtout si elles sont trop brusques.

Ceci posé, si l'on forme un pont de Wheatstone de deux bobines de résistance A et B, d'une ligne L reliée à la terre d'un côté et de l'autre à la sortie de A, et d'une résistance R reliée à la terre d'un côté et de l'autre à la sortie de B, et qu'on intercale un galvanomètre ou un récepteur entre les deux branches; si l'on met ensuite la tête du pont (point de réunion des bobines A et B) en communication avec une pile; dès que l'état stable sera établi, le galvanomètre ou le récepteur ne fonctionneront pas tant que l'on aura la proportion bien connue :

$$\frac{A}{B}=\frac{L}{R}.$$

Il suffira donc de faire varier R jusqu'à ce que le galvanomètre soit immobile pour avoir l'équilibre de l'état stable.

Mais, au moment où l'on commence à envoyer le courant, la ligne L, en raison de sa surface beaucoup plus considérable que celle de la bobine R, composée de fil fin, reçoit une *charge*, ce qui équivaut à une diminution de résistance de la ligne L. Il s'ensuit que la proportion indiquée plus haut n'existe plus, et un courant passe de B vers L à travers le galvanomètre.

De même, au moment de la décharge, la ligne L rend une partie de la quantité de fluide qu'elle a reçue et qui, trouvant deux voies de retour, se bifurque sur la branche A et sur le galvanomètre, en raison inverse des résistances qui lui sont opposées. Ce *courant de retour* passe donc en partie, comme la charge, dans le galvanomètre.

Pour maintenir l'équilibre, on est obligé d'augmenter artificiellement la surface de R, dont la charge et la décharge sont presque nulles, ou d'envoyer des courants compensateurs qui neutralisent l'action des courants de charge et de décharge sur le galvanomètre ou le récepteur intercalé. L'ensemble de la résistance R et des appareils compensateurs forme la *ligne factice* ou *artificielle*.

Si, au lieu d'employer la méthode du pont, on prenait une bobine composée de deux circuits égaux, enroulés en sens inverse, réunis ensemble par une extrémité, et en communication par l'autre, l'un avec la ligne réelle, l'autre avec la ligne factice, on serait arrivé évidemment au même résultat. Si la ligne factice était réglée de telle sorte qu'elle pût faire toujours équilibre à la ligne réelle, les deux circuits agissant en sens contraire se neutraliseraient mutuellement et l'action sur la palette serait nulle.

On pourrait d'ailleurs obtenir ce même effet en bifurquant les bobines d'un électro-aimant ordinaire, mais les actions sur les palettes sont difficilement égales, et d'un autre côté, on a beaucoup moins de force qu'avec les bobines différentielles.

Le récepteur, soustrait à l'action effective du courant de départ, reste cependant toujours soumis à celle du courant d'arrivée. En effet, si les deux correspondants se servent du même pôle de la pile et envoient leurs courants en même temps, les deux courants, se rencontrant sur la ligne, se neutralisent — ce qui équivaut à une augmentation de résistance de la ligne; l'équilibre est rompu en faveur de la ligne factice; l'appareil fonctionne, sous l'action du courant de départ, il est vrai, mais pendant le temps exact que le correspondant met à faire un signal, — et reproduit par conséquent ce signal.

Si les deux correspondants se servent de piles inverses, leurs courants s'ajoutent, ce qui équivaut à une diminution de résistance de la ligne réelle. L'équilibre est rompu en faveur de celle-ci et l'appareil fonctionne également.

Il est facile de voir, en suivant les opérations sur une figure, que, quelle que soit la position du manipulateur au départ, le récepteur ne reproduira jamais que les mouvements du manipulateur du correspondant.

Les compensations de charge et de décharge se font de diverses manières : avec des bobines d'induction, par exemple, ou des condensateurs. Ces derniers sont d'un usage très-commode. Ils se composent généralement d'une feuille de papier d'étain séparée d'une autre feuille semblable par une feuille de papier isolant. Chacune des feuilles fait ainsi l'office d'une des armatures de la bouteille de Leyde. En accouplant un grand nombre de ces feuilles, on obtient, sous un très-petit volume, de très-grandes surfaces dont la capacité est considérablement augmentée par la condensation.

Ces condensateurs donnent des charges et des décharges factices *instantanées*, vu leur peu de résistance. Un moyen commode de les régler est de les faire communiquer avec la ligne factice à travers une résistance qui fait en quelque sorte fuser la charge et la décharge, puisque le condensateur, gêné par la résistance, met plus de temps à se remplir ou à se vider, sa capacité ou contenance restant toujours la même (*).

Pour compléter encore le réglage, on divise la résis-

(*) Les condensateurs sont marqués en microfarads (unité de *capacité*) et en fractions de microfarad. Le microfarad correspond à peu près à la quantité d'électricité qui peut être contenue dans un câble sous-marin ordinaire de 3 milles de longueur ou dans un fil aérien de 200 kilomètres environ, quand ils sont chargés par une pile d'un *élément Daniell*.

tance R, formant la ligne factice en deux, et c'est entre les deux parties que se rattache le condensateur. Cela permet de rapprocher ou d'éloigner le condensateur de la terre et, par suite, de diminuer ou d'augmenter la tension qu'il est susceptible de prendre au moment de la charge; et, au moment de la décharge, d'augmenter ou de diminuer la quantité du courant de retour qui revient vers l'appareil.

Avec l'appareil Morse, la télégraphie double n'offre pas de difficultés.

Si la ligne est courte, il n'est pas besoin de compenser la charge et la décharge; il suffit de tendre un peu le ressort de rappel.

Si la ligne est longue, un système quelconque de compensation donnera de bons résultats. Un condensateur ordinaire, même sans réglage, suffit parfaitement.

A Marseille, la ligne d'Avignon (Morse) est installée en duplex sans condensateur.

Celle de Paris (Morse perfectionné système automatique Wheatstone) fonctionne avec un simple condensateur.

Pour les lignes sous-marines, les phénomènes très-intenses de condensation nécessitent des dispositions particulières.

Le système imaginé par M. l'inspecteur général Ailhaud a été décrit dans un précédent article (*); il fonctionne parfaitement depuis un an entre Marseille et Alger. Il a donné également d'excellents résultats dans les essais faits sur la ligne de Marseille à Malte dont la longueur est double.

(*) Voir *Annales*, t. IV, p. 56 et 194.

II

Les conditions particulières dans lesquelles se trouve l'appareil Hughes rendaient le problème beaucoup plus difficile à résoudre. M. Ailhaud y est heureusement arrivé, grâce à quelques dispositions particulières, et, depuis quelques mois, le service se fait régulièrement entre Paris et Marseille par deux appareils Hughes montés en duplex. Le système a été également installé entre Paris et Lyon et entre Lyon et Marseille.

— L'appareil fonctionne au moyen d'un relais et d'une pile locale.

— La lèvre du chariot transmetteur est plus courte que celle du chariot récepteur.

— Le réglage se fait au moyen d'un galvanomètre Thomson à miroir.

— Quant à la compensation, elle peut se faire de diverses manières, mais les condensateurs sont d'un usage très-commode; l'administration en possédait une assez grande quantité, et ils ont été adoptés provisoirement pour compléter la ligne factice.

On les dispose de plusieurs manières différentes selon les besoins de la ligne à desservir.

La disposition la plus simple consiste à former la ligne factice d'un seul rhéostat et d'un seul condensateur réglé par une résistance. C'est celle qui est adoptée sur la ligne de Lyon-Marseille. Sur celle de Marseille-Paris, la ligne factice de Marseille est composée de deux rhéostats entre lesquels se trouve un condensateur unique réglé par une résistance.

On peut encore employer deux condensateurs : le premier est attaché entre le récepteur et le premier rhéostat de la ligne factice; le deuxième entre les deux rhéostats. C'est l'installation dont se sert Paris. Le premier condensateur est fixe et le réglage consiste à faire varier la tension du second au moyen de deux rhéostats. Il y a dans ce cas deux charges successives au lieu d'une, et deux décharges, puisque les deux condensateurs sont séparés par une résistance (*).

Le système se trouve encore dans la période d'essai. L'expérience indiquera lequel de ces modes de compensation est le plus pratique et le plus avantageux.

On se sert pour transmetteur d'un appareil Hughes à déclanchement mécanique (système Mandroux et Terral) (**). Le massif communique directement avec la ligne et le levier oscille entre la pile et la terre. Il est bon d'intercaler sur cette dernière une résistance équivalente à celle de la pile elle-même, pour que tout le système reste toujours à peu près dans les mêmes conditions de résistance.

Il y a bien, à la vérité, un moment où le massif est isolé, mais cet isolement est favorable à la réception et l'on a renoncé, pour le Hughes aussi bien que pour les autres appareils, à la disposition spéciale qui permettait de prolonger le contact avec la terre jusqu'au moment où s'établissait la communication avec la pile.

(*) C'est la mise en action de la théorie de M. Gaugain, que la charge d'un condensateur peut être considérée comme composée de deux charges distinctes : la première instantanée, indépendante de la nature du conducteur; la deuxième progressive, variant avec la nature du diélectrique qui isole le conducteur. Cette théorie n'est du reste applicable que dans une mesure très-restreinte aux lignes aériennes. Sur les câbles sous-marins, au contraire, son application a amené M. Ailhaud aux résultats indiqués dans les dernières solutions qu'il a proposées et qui ont paru dans un précédent article. (Voir *Annales*, t. IV, p. 194.)

(**) Voir *Annales*, t. III, p. 553.

La lèvre du chariot transmetteur est plus courte que celle du chariot récepteur, ce qui diminue un peu la durée de l'émission et permet de contre-balancer l'action retardatrice de l'aimantation rémanente sur l'électro-aimant du relais récepteur. Le rapport 18/20 des deux lèvres semble donner les meilleurs résultats.

Le relais est un relais ordinaire non polarisé; il est préférable pour cet usage au relais polarisé qu'on a d'abord employé.

Le réglage se fait au moyen d'un galvanomètre Thomson à miroir qui permet d'obtenir un équilibre beaucoup plus juste qu'avec tout autre galvanomètre. En raison de sa petitesse, l'aimant revient de suite au zéro, et comme le galvanomètre est excessivement sensible, on peut se rendre compte des moindres différences. Il serait assez difficile sans cela d'arriver à régler parfaitement la compensation, d'autant plus que les fils voisins ont toujours une certaine influence nuisible qui n'est pas appréciable aux galvanomètres ordinaires.

Dans les premiers essais, on s'est servi de la méthode du pont. La branche adjacente à la ligne réelle et celle adjacente à la ligne artificielle avaient des résistances respectivement de 2.000 et 1.000 unités; le rapport étant $\frac{2.000}{1.000}$, il en résulte que la ligne factice devait avoir une résistance égale à la moitié de celle de la ligne réelle et sa capacité devait être double.

Le relais et le galvanomètre étaient placés à poste fixe entre les deux branches.

Une petite partie seulement du courant émis par le correspondant traversait le récepteur, ce qui nécessitait l'emploi de piles très-puissantes.

Dans les installations actuelles, le relais est différentiel; un double fil est enroulé sur les bobines, formant deux circuits distincts. Ces deux circuits sont reliés par une extrémité au massif de l'appareil et, par l'autre extrémité, l'un à la ligne réelle, l'autre à la ligne factice.

Le courant, au départ, parcourt les deux circuits en même temps, et comme ils sont disposés en sens *inverse*, l'action est nulle sur la palette et les *intensités sont les mêmes des deux côtés*, ce qu'on obtient en donnant à la ligne factice une résistance et une capacité exactement égales à celles de la ligne réelle.

La disposition suivante permet de régler avec le galvanomètre :

Les deux circuits des bobines étant exactement égaux, si l'on réunit, à travers un galvanomètre, l'entrée de la ligne réelle avec l'entrée de la ligne factice, on forme un *pont à branches égales*.

Dans ce cas, pour donner l'équilibre, la ligne factice devra être exactement égale à la ligne réelle.

On profite donc de ce que les conditions de réglage sont identiquement les mêmes pour le pont que pour le différentiel ; et, dès qu'on est arrivé à l'équilibre, on enlève le circuit auxiliaire. Cette opération se fait facilement au moyen d'un interrupteur.

Le réglage est d'ailleurs très-simple.

On commence par mettre l'appareil transmetteur sur contact et l'on fait varier la résistance de la ligne factice jusqu'à ce que le galvanomètre soit revenu au zéro.

Si la ligne factice est composée de deux rhéostats, c'est la somme de leurs résistances qui doit être égale à la résistance de la ligne réelle. Cette somme doit rester constante quand on fera ultérieurement varier les proportions des deux rhéostats.

Une fois cet équilibre *normal* obtenu, on transmet des blancs et l'on fait alors varier la compensation jusqu'à ce que les courants de charge et de décharge n'aient plus d'action sur le galvanomètre.

Ce réglage se fait par tâtonnements ; il consiste à faire varier les proportions des deux ou trois rhéostats (suivant l'installation adoptée) ou, au besoin, la capacité des condensateurs. Ces derniers sont divisés par boîtes de 5 1/2 microfarads, subdivisées en 2 — 2 — 1. 1/2 ; un commutateur permet de prendre la quantité nécessaire.

En général, une fois la compensation bien déterminée lors de l'installation, il n'est pas nécessaire de faire de grands changements, et le réglage se borne à faire légèrement varier les proportions des rhéostats.

Quand les lignes sont bonnes, il suffit de vérifier le réglage deux ou trois fois par jour.

Une fois l'équilibre obtenu des deux côtés de la ligne, ce qui demande quelques minutes, l'appareil récepteur et l'appareil transmetteur de chaque poste sont indépendants l'un de l'autre et peuvent régler simultanément leur synchronisme sans se gêner mutuellement.

Une certaine habitude est nécessaire aux employés pour éviter les pertes de temps résultant des coupures ; l'employé chargé de la réception doit continuellement suivre la bande des yeux ; dès que l'appareil *déraille*, il en avertit l'employé transmetteur qui, sans s'interrompre, coupe sa propre transmission pour indiquer le mot à reprendre ; — et, afin d'éviter toute confusion, fait précéder et suivre ce mot de deux ou trois points d'interrogation.

La transmission est continue des deux côtés et les réceptions sont données, comme d'ordinaire, par séries de 10 dépêches.

Dans les installations act… …e depuis plusieurs mois un double fil est enro… …ille et donne des résultats circuits distincts. C… extrémité au mass… …ent une moyenne de 90 dépêches l'un à la ligne r… …lignes sont bonnes.

Le courant … …Lyon et entre Lyon et Marseille, les ap- même temp… …viennent également d'être installés en l'action e… *mêmes* … ligne … éga…

Pour les lignes d'une importance secondaire, il n'y a pas intérêt à employer l'appareil Hughes. Le Morse, installé en duplex, peut, avec de bons employés, fournir une moyenne de 50 dépêches à l'heure ; c'est ce qu'on obtient sur la ligne de Marseille à Avignon.

On a vu, dans un précédent article relatif à la transmission double sur les câbles sous-marins (*), que cette moyenne était dépassée sur la ligne de Marseille à Alger desservie par l'appareil à miroir.

Gramaccini.

(*) Voir *Annales*, t. IV, p. 61.

SYSTÈME DE TÉLÉGRAPHIE DOUBLE

DE M. AILHAUD.

(Traduit de l'*Engineering*.)

Un nouveau système de télégraphie double vient d'obtenir un certain succès, et mérite, par conséquent, une description particulière.

C'est celui de M. Ailhaud, électricien de l'administration française, qui a heureusement réussi à *duplexer*, par sa méthode, le câble de Marseille à Alger, appartenant à cette administration.

Ce câble a environ 500 milles de long; mais comme il renferme une faute assez considérable, électriquement parlant, on peut le considérer comme l'équivalent d'un câble beaucoup plus court, quand il s'agit des difficultés à vaincre pour l'établir en duplex (*).

(*) On a répété souvent que le câble de Marseille à Alger a un défaut, et l'on est parti de là pour affirmer que les conditions de transmission sur ce câble étaient tout autres que sur des câbles plus parfaits. Cette assertion n'est pas bien exacte.

Le câble ne renferme pas un défaut proprement dit, mais seulement une certaine longueur de conducteur dont l'isolement est d'un titre inférieur à celui du reste de la ligne. Il en résulte que l'isolement moyen est considérablement amoindri; néanmoins, cet isolement, sans être comparable à celui du nouveau câble de Bône, par exemple, ou même à celui de l'ancien qui est supérieur à 2.000 mégohms, est encore très-satisfaisant, puisqu'il dépasse 400 mégohms. On ne peut donc pas dire que l'existence du prétendu défaut ait rendu le succès plus facile. La meilleure preuve en est, du reste, le résultat obtenu en quelques minutes sur les câbles de Marseille à Malte, dont la longueur est presque double et l'isolement

Le nouveau système fonctionne depuis plusieurs mois sur la ligne de Paris-Marseille et donne des résultats excellents.

On atteint généralement une moyenne de 90 dépêches à l'heure quand les lignes sont bonnes.

Entre Paris et Lyon et entre Lyon et Marseille, les appareils Hughes viennent également d'être installés en duplex.

Pour les lignes d'une importance secondaire, il n'y a pas intérêt à employer l'appareil Hughes. Le Morse, installé en duplex, peut, avec de bons employés, fournir une moyenne de 50 dépêches à l'heure; c'est ce qu'on obtient sur la ligne de Marseille à Avignon.

On a vu, dans un précédent article relatif à la transmission double sur les câbles sous-marins (*), que cette moyenne était dépassée sur la ligne de Marseille à Alger desservie par l'appareil à miroir.

GRAMACCINI.

(*) Voir *Annales*, t. IV, p. 61.

SYSTÈME DE TÉLÉGRAPHIE DOUBLE

DE M. AILHAUD.

(Traduit de l'*Engineering*.)

Un nouveau système de télégraphie double vient d'obtenir un certain succès, et mérite, par conséquent, une description particulière.

C'est celui de M. Ailhaud, électricien de l'administration française, qui a heureusement réussi à *duplexer*, par sa méthode, le câble de Marseille à Alger, appartenant à cette administration.

Ce câble a environ 500 milles de long; mais comme il renferme une faute assez considérable, électriquement parlant, on peut le considérer comme l'équivalent d'un câble beaucoup plus court, quand il s'agit des difficultés à vaincre pour l'établir en duplex (*).

(*) On a répété souvent que le câble de Marseille à Alger a un défaut, et l'on est parti de là pour affirmer que les conditions de transmission sur ce câble étaient tout autres que sur des câbles plus parfaits. Cette assertion n'est pas bien exacte.

Le câble ne renferme pas un défaut proprement dit, mais seulement une certaine longueur de conducteur dont l'isolement est d'un titre inférieur à celui du reste de la ligne. Il en résulte que l'isolement moyen est considérablement amoindri; néanmoins, cet isolement, sans être comparable à celui du nouveau câble de Bône, par exemple, ou même à celui de l'ancien qui est supérieur à 2.000 mégohms, est encore très-satisfaisant, puisqu'il dépasse 400 mégohms. On ne peut donc pas dire que l'existence du prétendu défaut ait rendu le succès plus facile. La meilleure preuve en est, du reste, le résultat obtenu en quelques minutes sur les câbles de Marseille à Malte, dont la longueur est presque double et l'isolement

Il reste à voir, cependant, si M. Ailhaud ne pourrait pas appliquer son système à des câbles de plus grande longueur (*).

Les expériences de tous les électriciens qui se sont occupés de résoudre le problème de la télégraphie double sur les cables sous-marins, semblent prouver qu'un des éléments essentiels du succès est l'emploi d'un circuit artificiel réunissant capacité et résistance, de la même façon que le câble réel; par conséquent, plus cette ligne artificielle sera semblable à la ligne réelle, moins il sera nécessaire d'ajouter des dispositions particulières pour arriver à établir l'équilibre entre les deux (**).

M. Ailhaud, dans son système, essaye de se passer, autant que possible, de câble artificiel : les câbles artificiels sont nécessairement très-coûteux et très-encombrants, mais on gagne en simplicité en les employant.

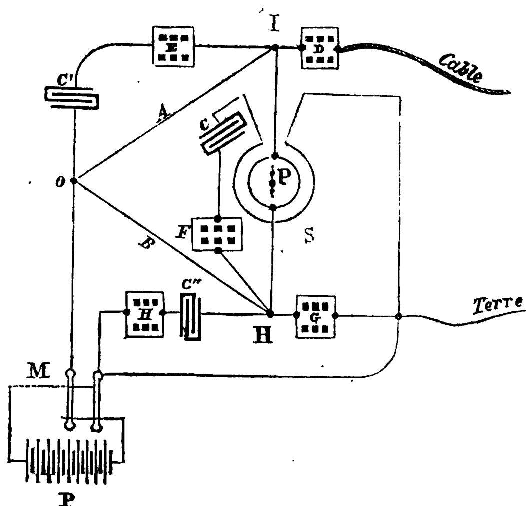
M. Ailhaud n'a pu arriver, du moins à notre connaissance, à se passer entièrement d'une ligne artificielle, et il a été obligé d'adopter une disposition assez compliquée pour parvenir à la réduire. Néanmoins, si son système est

quintuple. Les *Annales* (t. IV, p. 62 et 63) ont publié les chiffres représentant les valeurs des rhéostats et des condensateurs employés dans cette circonstance. L'examen de ces chiffres met à néant toutes les objections posées par l'auteur de l'article, qui a dû cependant s'inspirer de la description donnée par les *Annales*, mais qui paraît avoir négligé ce point important.

(*) Les expériences faites le 13 février entre Marseille et Malte (*Annales*, t. IV, p. 62 et 63) prouvent que le système est applicable à des câbles de plus grande longueur. Il est à remarquer que ce résultat a été obtenu sans changer la capacité des condensateurs réglés pour la ligne de Marseille-Alger. Il n'est donc plus nécessaire pour ce système, et c'est ce qui le distingue nettement de tous les autres, *que le circuit artificiel réunisse capacité et résistance de la même façon que le câble réel.* Comme le fait remarquer M. Ailhaud, l'expérience du 13 février semble démontrer que la condensation ne s'établit instantanément que sur l'*extrémité* de la ligne *voisine* du poste de départ.

(**) Voir la note précédente.

applicable à de grands câbles, de 1.000 à 2.000 milles, il n'est pas probable que la nature quelque peu complexe de son équilibre puisse être considérée comme un inconvénient.



La base du système est ce qu'on connaît maintenant sous le nom de « *Système de duplex par le pont de Wheatstone.* » Dans la figure ci-dessus (*), A et B sont les deux résistances proportionnelles du pont dont les deux autres côtés sont formés par le câble et par la ligne artificielle; le câble est à la terre au poste correspondant et la ligne artificielle au poste même où se trouve le système.

(*) Nous substituons à la figure donnée par l'*Engineering* celle qui se trouve déjà dans les *Annales* en faisant les changements de lettres nécessaires. Quelques inexactitudes se sont glissées d'ailleurs dans la figure de l'*Engineering;* l'hélice S est placée en dehors du circuit dont elle fait partie; le condensateur C'' doit être réglé par un rhéostat qui n'est pas indiqué.

Dans la balance simple, quand le câble artificiel est exactement équivalent au câble réel, la balance est juste $A = B$, et les courants envoyés par le manipulateur ne passent pas dans le galvanomètre à miroir (ou tout autre récepteur P) placé entre les branches du pont.

Avec les meilleurs câbles artificiels construits jusqu'à présent, on n'a jamais pu encore arriver à une similitude telle que l'équilibre soit parfait; il y a toujours un soubresaut (kick) dans le récepteur à la station qui transmet. Avec un bon câble artificiel, ce soubresaut peut être, dans la pratique, évité par une ou deux simples dispositions de l'appareil : par exemple, le changement du rapport des deux branches (*).

M. Ailhaud emploie d'autres moyens dont le plus original est l'adaptation d'un second circuit au récepteur. Une de ces dispositions consiste dans l'adjonction d'un circuit dérivé, composé d'un condensateur C′, et d'une résistance variable E, à l'une des résistances A du pont.

Une autre, qui se trouve certainement dans les brevets de Muirhead, et peut-être même dans d'autres plus

(*) Le brusque mouvement connu dans le langage télégraphique sous le nom de « kick » (ruade) est l'effet de la charge et de la décharge sur le récepteur; c'est la ruade que lance l'électricité en se précipitant dans le câble ou hors du câble. L'unique difficulté qu'offre le problème de la transmission double sur les longues lignes, et surtout sur les lignes sous-marines, est justement la suppression de ce « kick », que l'auteur de l'article a l'air de ne considérer que comme une simple gêne.

Ce « kick » disparaîtrait complétement si la charge et la décharge du côté de la ligne factice étaient égales à la charge et à la décharge du côté du câble et exactement *simultanées*. La grande difficulté est d'obtenir ces deux conditions réunies, sans lesquelles le « kick » se tranforme en *vibrations* dont ne parle pas, il est vrai, l'auteur de l'article, mais qui, dans la pratique, rendent tout travail absolument impossible.

C'est l'emploi simultané des divers moyens indiqués par M. Ailhaud qui permet, non pas d'annuler ces vibrations, mais au contraire de les multiplier dans plusieurs sens à la fois, pour obtenir une immobilité résultant de divers mouvements qui se détruisent les uns les autres.

anciens, consiste dans l'insertion d'une résistance variable D entre le câble et le nœud I du pont (*).

La ligne artificielle est formée simplement d'une résistance G et d'un condensateur C″.

La principale disposition est, comme nous l'avons dit, le circuit supplémentaire du récepteur, circuit composé d'un rhéostat F, de l'hélice S, et du condensateur C, dont un côté est à la terre. — L'hélice ou circuit S est enroulée autour de l'aiguille du galvanomètre en sens inverse de l'hélice principale ou circuit de réception; par conséquent, le soubresaut (" kick ") de l'aiguille, résultant du défaut d'équilibre et causé par le passage d'un courant instantané dans un sens, à travers le circuit de réception, peut être contre-balancé par le passage d'un courant instantané en sens inverse à travers le circuit supplémentaire S.

L'expérience détermine de quel côté du pont I ou H on doit rattacher le circuit FCS. F et C sont réglés par tâtonnements ainsi que les autres parties de la balance dont G est, nous dit-on, un élément important (**).

M. Ailhaud a appelé son système « *différentiel* », mais c'est évidemment une fausse application du mot *différentiel*. C'est un système de pont de Wheatstone avec un

(*) La résistance D, placée devant le câble est une résistance fixe et non une résistance variable; elle facilite le réglage, mais n'est pas indispensable; elle a d'ailleurs disparu de la plupart des solutions indiquées par M. Ailhaud (*Annales*, t. IV, p. 194). Il est fort possible qu'elle figure dans les brevets de M. Muirhead (voir *Annales*, t. IV, p. 406, etc.) qui semblerait l'avoir lui-même empruntée à d'autres. En tous cas, elle ne forme pas un des caractères principaux du système et n'y figure que comme un détail auxiliaire, d'un emploi simple et commode.

(**) C'est toujours au nœud H (côté de la ligne factice) que le circuit FCS doit être attaché. Le condensateur C, par sa position dans la ligne factice, tend à faire équilibre au câble; s'il était de l'autre côté, il augmenterait la capacité du câble et créerait une difficulté de plus.

circuit supplémentaire du récepteur, dans le genre de celui qu'employait le docteur Gintl.

On ne pourrait réellement l'appeler *différentiel* que si les deux circuits étaient exactement égaux, opposés et réunis par une extrémité, de telle sorte qu'un courant entrant dans l'appareil se diviserait également dans les deux circuits dont les effets sur l'aiguille se neutraliseraient mutuellement. C'est là l'arrangement qui constitue un récepteur « différentiel ».

Dans le système de M. Ailhaud, les deux circuits du récepteur sont complétement séparés l'un de l'autre et ne sont pas nécessairement égaux (*).

L'hélice supplémentaire S peut être en fil gros et court, et l'hélice de réception en fil fin et long; la seule condition à remplir est que les soubresauts causés par les courants de départ passant dans un circuit soient contre-balancés par les soubresauts en sens opposé, causés par le passage simultané de courants dans le circuit supplémentaire.

(*) Nous ne partageons pas l'avis de l'auteur de l'article sur l'emploi du mot *différentiel*. L'égalité de deux circuits n'est pas indispensable pour qu'un système soit différentiel; il suffit que l'effet résultant soit une *différence d'effets*. La méthode de mesure d'isolement à l'aide du galvanomètre de Siemens, dans lequel le courant à mesurer agit dans le circuit intérieur du galvanomètre et le courant auquel on le compare sur une bobine extérieure, n'est-elle pas qualifiée de differentielle?

GRAMACCINI.

LA
TÉLÉGRAPHIE TÉLÉPHONIQUE.

I. *Système Varley.*

L'invention du téléphone, en 1860, par le professeur Reis, de Hombourg, a démontré que la transmission de notes musicales au moyen de l'électricité deviendrait probablement, dans l'avenir, un nouveau mode de télégraphie. Dans ces dernières années, le téléphone a fait de grands progrès, et son application à la télégraphie est un fait accompli. Le principal mérite en revient à MM. Cromwell F. Varley, d'Angleterre, Paul La Cour, de Danemark, et Elisha Gray, d'Amérique. On ignore généralement la part considérable que M. Varley a prise dans cette invention; mais il résulte de l'examen de son brevet de 1870, qu'il a entrevu la plupart des idées développées plus récemment par MM. Gray et La Cour. Son brevet est riche en aperçus nouveaux, mais ces idées avaient besoin d'être développées et rendues pratiques. Outre les téléphones de Gray et La Cour, nous avons vu apparaître, l'année dernière, le téléphone *articulant* du professeur Graham Bell, que l'on peut considérer comme la merveille du genre (*).

Le principe du téléphone consiste n ce que l'on peut,

(*) Voir *Annales*, t. IV, p. 97 et ci-après.

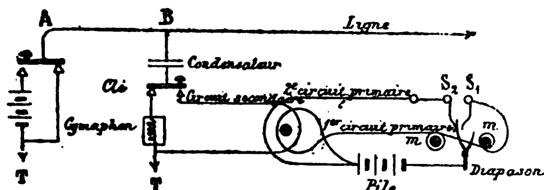
au moyen d'un courant électrique intermittent, reproduire à une des extrémités d'un fil télégraphique une note musicale jouée à l'autre extrémité. Pour qu'il en soit ainsi, il faut que chaque vibration du corps vibrant qui fournit la note interrompe le courant électrique envoyé dans le fil. De cette façon, le courant qui passe dans le fil devient intermittent et le nombre des interruptions par seconde est le même que celui des vibrations du corps vibrant. Il est facile de concevoir comment, par l'électro-magnétisme ou par d'autres moyens, le courant ainsi interrompu peut reproduire à l'autre extrémité du fil une note semblable à celle du corps vibrant. MM. Varley, La Cour et Gray ont employé pour développer ce principe des appareils qui diffèrent légèrement les uns des autres.

M. Varley, dans son brevet de 1870 (n° 1044), propose de faire fonctionner son appareil téléphonique concurremment avec des instruments à courant ordinaire, par la superposition d'ondulations ou ondes électriques rapides, qui n'altèrent pas pratiquement le pouvoir mécanique ou chimique des courants formant les signaux ordinaires, mais qui pourront produire des signaux distincts perceptibles à l'oreille.

Un électro-aimant, dit-il, offre au premier moment une grande résistance au passage d'un courant électrique, et par suite peut être regardé comme un corps partiellement opaque, eu égard à la transmission de courants inversés très-rapides ou d'ondes électriques.

La *fig.* 1 représente l'installation de l'appareil à l'une des extrémités de la ligne dans le système Varley. Il est inutile de considérer l'appareil situé à l'extrémité gauche A : c'est simplement l'installation ordinaire pour l'envoi des signaux Morse. C'est en B que se trouve l'ad-

Fig. 1.



dition téléphonique pour chaque station. Un condensateur est relié d'une part à la ligne et de l'autre à une clef de transmission. Le système comporte en outre une pile, un diapason vibrant, une bobine d'induction ayant deux circuits primaires et un secondaire, et enfin un *cymaphen*. M. Varley a nommé *cymaphen* l'appareil récepteur spécialement adapté à la réception des signaux d'ondulation.

Examinons tout d'abord comment ces signaux sont engendrés et envoyés : le diapason, accordé de façon à produire en vibrant une certaine note déterminée, a une de ses branches qui se prolonge entre deux ressorts S_1 et S_2. Un des pôles de la pile est relié au pied du diapason, et l'autre pôle est relié à la fois à chacun des deux circuits primaires de la bobine d'induction. L'autre extrémité du premier circuit primaire est reliée à une paire de petits électro-aimants *mm*, et, à travers ceux-ci, au ressort S_1. L'autre extrémité du second circuit primaire est reliée directement au ressort S_2. Le circuit secondaire a une de ses extrémités à la terre et l'autre à la clef de transmission.

Chaque fois que la plus longue branche du diapason est poussée de façon à venir en contact avec le ressort S_1, un courant s'écoule à travers le premier circuit primaire ainsi qu'à travers les électro-aimants *m*, *m*. Ces électro-

aimants attirent légèrement, chacun de leur côté, une des branches du diapason ; et quand la longue branche qui était en contact avec S_1 vient ainsi en contact avec S_2, un courant parcourt le second circuit primaire. De cette façon, les électro-aimants maintiennent le diapason en vibration, et des courants momentanés sont envoyés alternativement sur le premier et sur le second circuit primaires. Les circuits primaires étant enroulés en sens inverse, les courants induits sur le circuit secondaire sont alternativement de polarité opposée. On engendre ainsi, dans le circuit secondaire, une série d'ondulations électriques en nombre égal à celui des vibrations du diapason. Quand on abaisse la clef, ces ondulations chargent et déchargent alternativement le condensateur, envoyant ainsi sur la ligne une série correspondante d'ondulations électriques qui arrivent à la station éloignée.

Varley propose de remplacer le diapason par une languette semblable à celle des harmoniums, que l'air ferait vibrer entrc les points de contact de façon à faire communiquer le condensateur alternativement avec la pile et la terre ou alternativement avec le pôle positif ou le pôle négatif d'une pile, les pôles opposés étant à chaque fois reliés à la terre. Il propose aussi comme générateur d'ondes une machine magnéto-électrique, tournant rapidement et contrôlée par un bon régulateur.

Comme *cymaphens*, ou appareils destinés à utiliser ces vibrations, il propose divers instruments simples et ingénieux. Le principal consiste en un fil de fer écroui ou un fil d'acier tendu entre deux chevalets placés sur une table sonore. Le fil passe dans l'intérieur d'une hélice de fil de cuivre recouvert de soie. Deux aimants en fer à cheval sont placés un de chaque côté du fil. Les

courants aimantent le fil d'acier placé à l'intérieur de l'hélice et, par suite de cette aimantation, ce fil est attiré et repoussé d'un aimant à l'autre. Quand le fil est convenablement accordé de manière à vibrer synchroniquement avec l'appareil de la station éloignée qui produit les courants alternatifs, on peut entendre distinctement le son de courants très-faibles. On peut renforcer le son de diverses façons. Un stéthoscope facilitera l'audition. On aura une bonne table sonore en se servant d'une membrane tendue.

On peut construire d'autres cymaphens de la façon suivante :

1° En employant un condensateur composé de feuilles de papier sec et de feuilles métalliques, les charges et décharges rapides produisent alors une note musicale.

2° En utilisant la découverte faite par Page, que si les courants traversent une hélice contenant une tige de fer, il se produit un son musical. De même, si les courants parcourent une hélice contenant une languette d'harmonium aimantée, ils feront vibrer cette languette d'une façon perceptible à l'oreille, surtout si un faible courant d'air passe sur la languette. En ajoutant des tuyaux de longueur convenable et des caisses sonores, on augmentera évidemment l'intensité des signaux.

En plaçant la languette aimantée d'un peigne musical entre les pôles d'un électro-aimant muni simplement d'un petit noyau de fer, ou à l'intérieur d'une bobine, cette languette est mise en vibration par le passage des ondulations. Ce système et celui du fil d'acier tendu entre les électro-aimants ne parleront que quand les vibrations transmises seront *en harmonie avec* la languette ou le fil, et conséquemment deux ou plusieurs séries de vibrations pourront actionner deux ou plusieurs séries

d'appareils accordés différemment, et l'on pourra ainsi transmettre simultanément sur la même section d'un même fil plusieurs communications distinctes. En introduisant un inverseur de courant fonctionnant synchroniquement entre le condensateur qui reçoit et un Morse ou autre récepteur, les courants alternatifs pourront faire marcher ces appareils à la façon ordinaire. Nous croyons que c'est là le premier projet distinct de transmission multiple par le téléphone.

Entre autres dispositions ingénieuses pour rendre les vibrations sensibles à l'œil, M. Varley propose de tendre un fil d'acier fin, du type n° 40 environ, à travers une hélice, en regard d'une fente très-étroite. On place derrière la fente une lumière qui est interceptée par le fil; mais si un courant passe, le fil vibre et une lumière apparaît. Une lentille, placée en avant, projette une image agrandie de la fente lumineuse sur un écran blanc, tant que le fil est en vibration.

Deux autres points importants dans le système Varley sont encore à mentionner : d'abord ce système peut être employé concurremment avec le système duplex; puis, M. Varley montre comment, en intercalant dans le circuit des paires d'électro-aimants, il peut diviser la ligne en sections qui laissent passer librement les courants ordinaires, mais arrêtent les signaux d'ondes; de cette façon, en même temps que le fil est employé sur toute sa longueur à la communication entre les stations extrêmes, on peut aussi transmettre des messages locaux sur ses différentes sections.

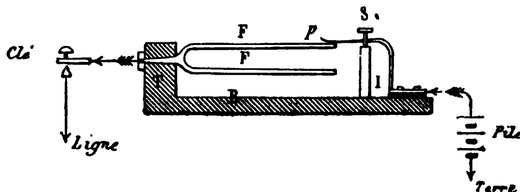
II. *Système La Cour* (*).

M. Paul La Cour, sous-directeur de la *Meteorogical Institution* de Copenhague, s'est également beaucoup occupé de la télégraphie téléphonique. Les premiers résultats de ses travaux sont consignés dans son brevet anglais du 2 septembre 1874 (n° 2999). Les premières expériences furent faites avec succès le 5 juin 1874, sur une petite ligne à Copenhague, mais comme on craignait que sur de longues lignes les vibrations ne fussent plus perceptibles, M. La Cour, au mois de novembre de la même année, fit une nouvelle expérience sur un fil (partie aérien, partie sous-marin) entre Frédériccia dans le Jutland et Copenhague, dont la longueur était de 390 kilomètres.

On constata que, même avec des courants faibles, on pouvait facilement percevoir les sons produits par les pulsations.

La *fig.* 2 représente l'appareil transmetteur de La Cour.

Fig. 2.



L'interrupteur de courant est un diapason FF dont le pied T est encastré et maintenu horizontalement par le support en bois B. Quand le diapason est mis en vibration, il fait contact à chaque oscillation avec un ressort *p*

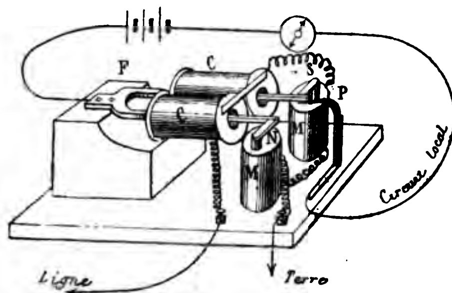
(*) Voir *Annales*, t. IV, p. 338.

dont la distance au diapason est réglée au moyen de la vis S. Le support du ressort est isolé du support de bois de l'appareil au moyen d'une pièce d'ébonite I.

Lorsque le pied du diapason est relié, à travers une clef de transmission, à un des pôles d'une pile dont l'autre pôle est relié à la terre, et que le ressort *p* est relié à la ligne, ou lorsque, comme dans la figure, ces conditions sont renversées et que la pile est reliée au ressort *p*, et le pied du diapason à la ligne à travers la clef de transmission, un courant intermittent s'écoule sur la ligne toutes les fois qu'on abaisse la clef. Les intermittences du courant sont par conséquent égales en nombre aux vibrations du diapason et sont synchroniques avec elles. La clef sera manœuvrée comme pour les transmissions ordinaires, mais les courants, au lieu d'être continus, seront intermittents. Le nombre d'intermittences par seconde dépend du diapason. En établissant un contact additionnel avec l'autre branche du diapason, on pourra faire alterner sur la ligne, comme dans le système Varley, une succession d'impulsions opposées.

La *fig.* 3 représente l'appareil récepteur de La Cour;

Fig. 3.



c'est un diapason, non plus en acier, comme le diapason

transmetteur, mais en fer doux, et dont chacune des branches est introduite dans le creux d'une bobine CC, de fil de cuivre recouvert de soie. Deux électro-aimants verticaux M, M sont placés de manière que leurs pôles soient très-rapprochés des extrémités des branches du diapason qui sortent des bobines après les avoir traversées et peuvent vibrer librement. Le courant, arrivant de la ligne, passe à travers les bobines C, C et de là va à la terre, après avoir traversé les électro-aimants M, M. De cette façon les branches de fer doux du diapason acquièrent des polarités opposées, et comme elles sont très-rapprochées des pôles N. S. de l'électro-aimant, de polarité opposée à la leur, elles sont fortement attirées, puis abandonnées successivement et rapidement sous l'action du courant intermittent. Ainsi il s'établit dans le diapason récepteur des vibrations qui sont à l'unisson de celles du diapason transmetteur. Ces vibrations amènent très-vite une des branches du diapason au contact du ressort P placé près d'elle, et ce contact complète le circuit local d'une pile et d'un récepteur ou relais d'espèce ordinaire.

De cette manière les courants vibratoires peuvent faire fonctionner les appareils Morse ou autres appareils ordinaires. « Je ne puis encore, j'en conviens, dit M. La Cour à l'Académie royale des sciences de Danemark en 1875, déterminer le temps nécessaire pour produire dans le diapason du récepteur des vibrations d'un ordre déterminé. Ce temps est une fonction de divers facteurs; mais l'expérience a montré que le temps qui s'écoule avant la fermeture du circuit local est une fraction de seconde si petite, qu'elle est presque inappréciable, même quand le courant est très-faible. »

Les principaux avantages de ce système consistent en

ce qu'il donne une solution facile de la télégraphie multiple, ou de la transmission simultanée sur un même fil de plusieurs signaux distincts, et en ce que l'on peut, au moyen d'un circuit local, employer quelques-uns des appareils ordinaires pour l'enregistrement des messages. Le courant intermittent n'agit que sur un diapason à l'unisson du diapason qui produit l'intermittence. D'où il résulte qu'un certain nombre de diapasons, correspondant à des notes différentes, peuvent être employés, comme celui de la *fig.* 2, pour envoyer simultanément, à l'aide de la clef de transmission, un certain nombre de courants intermittents sur la ligne, et qu'à la station d'arrivée un nombre égal de diapasons à l'unisson des diapasons transmetteurs seront mis en vibration, comme celui de la *fig.* 3. Les vibrations superposées ne se confondront pas entre elles. Le diapason à l'unisson sera, dans chacun des cas, mis en mouvement par le courant qui lui correspond, et restera insensible à tous les autres courants.

De cette façon, une combinaison de signaux élémentaires, représentant un mot, pourra être télégraphiée au même instant en abaissant deux ou plusieurs clefs reliées à deux ou plusieurs diapasons transmetteurs; il suffira de jouer de ces clefs comme on joue de celles d'un instrument de musique. Ou bien encore les signaux transmis simultanément pourront appartenir chacun à une dépêche différente. Ce système permettra donc à la station extrême d'une ligne de communiquer avec une ou plusieurs stations intermédiaires et *vice versa*, sans troubler en rien l'installation des autres stations. Ainsi, deux des stations pourront s'envoyer des signaux sans que les autres s'en aperçoivent. Ce système est applicable dans tous les cas où, comme en temps de guerre, ou pour les

annonces d'incendie, etc., on a à transmettre des signaux à certains points seulement.

Cette faculté de transmettre beaucoup de signaux à la fois donne un moyen avantageux de perfectionner le télégraphe autographique ou pantélégraphe. Dans les pantélégraphes qui existent actuellement, tels que ceux de Bain, Caselli et autres, il n'y a qu'un seul style marqueur, et pour obtenir la copie d'un télegramme, il faut que ce style passe sur toute la surface du télégramme; mais avec le téléphone, on peut placer un certain nombre de styles à côté les uns des autres, de manière à figurer un peigne, et il suffit de tirer ce peigne dans un sens pour qu'il parcoure la surface du télégramme. On obtiendra ainsi, en moins de temps que précédemment, une copie plus fidèle.

M. La Cour fait remarquer également que son système offre aussi cet avantage précieux déjà signalé par M. Varley, que ses appareils laissent passer les courants ordinaires sans en accuser l'existence, à moins cependant que l'intensité de ces courants ne soit considérable. L'avantage qu'il conclut de cette propriété est que, en général, les courants atmosphériques ordinaires et les courants terrestres ne troubleront pas le fonctionnement de ce système de télégraphe.

Le système La Cour que nous venons de décrire est défectueux en ce que le mouvement vibratoire du diapason transmetteur n'étant pas entretenu, la résistance de l'air finit par l'arrêter. Dans un brevet anglais subséquent, daté du 29 février 1876 (n° 843), l'auteur décrit un perfectionnement destiné à remédier à ce défaut. Ce perfectionnement consiste à entretenir le mouvement vibratoire du diapason transmetteur au moyen d'électro-aimants actionnés par le courant que le diapason lui-

même est chargé d'interrompre; il suffit alors de lui donner l'impulsion initiale avec la main. Cette disposition ressemble tellement à l'appareil de réception dessiné dans la *fig.* 3, qu'il est inutile de l'expliquer en détail. Par cet arrangement, le diapason ou les diapasons transmetteurs sont maintenus en vibration continue et constante, et en jouant des différentes clefs, on envoie sur la ligne toute une variété de courants intermittents. M. La Cour dit que « ce courant vibrant continuellement peut être appliqué à d'autres usages qu'à ceux de la télégraphie, car dans l'appareil en question sa régularité est si grande que pour des milliers de courants, par exemple, il n'y a pas même une divergence ou une différence d'un courant dans le nombre normal. Employé comme régulateur d'horloge, cet appareil donnerait dans bien des cas une précision supérieure à celle d'un pendule bien compensé. »

Nous mentionnerons également deux autres perfectionnements de l'appareil primitif. M. La Cour propose l'emploi d'une bobine ou de bobines d'induction combinées avec ses diapasons transmetteurs. Les fils primaires seraient mis en circuit avec les diapasons et les secondaires avec la ligne. De cette façon, la ligne serait traversée par une succession de courants alternativement positifs et négatifs qui produiraient des ondulations ou des ondes. Il croit qu'on obtiendrait ainsi plus de facilité et de simplicité dans le fonctionnement et qu'un plus grand nombre de courants pourraient passer simultanément par le fil sans interférer l'un avec l'autre.

L'autre perfectionnement consiste dans un moyen de rendre la durée du courant local de l'appareil récepteur toujours égale à celle du courant vibratoire de ligne qui ferme le circuit local. Pour cela, il construit le diapason

de l'appareil récepteur de manière à rendre son inertie aussi petite que possible, afin qu'il puisse entrer en vibration très-rapidement et cesser de vibrer de même. Le meilleur moyen d'y parvenir est de construire l'appareil de façon que les deux branches du diapason soient placées dans une même bobine où ils puissent vibrer librement, et que le pied du diapason soit prolongé en arrière, se recourbe, passe dans une autre bobine et se termine en une fourche dont les deux branches embrassent, sans les toucher, les deux branches du diapason. Lorsqu'un courant traverse les deux bobines, il produit, par exemple, une aimantation N dans chacune des branches du diapason, et une aimantation S dans les branches de la fourche. Les branches du diapason se repoussent mutuellement et sont attirées séparément par l'attraction des branches de la fourche. Si le courant est interrompu, elles reviennent ensemble et la vibration qu'on veut produire est ainsi entretenue.

III. *Système Elisha Gray* (*).

En 1874, quelques mois avant M. La Cour, M. Elisha Gray, de Chicago, a pris un brevet (nº 2646) en Angleterre pour une méthode concernant la transmission de sons musicaux d'une hauteur voulue, au moyen d'un circuit électrique dans lequel on fait passer une série d'impulsions électriques dont le nombre correspond à celui des vibrations qui forment le son.

On peut produire cette succession de courants en se servant d'une bobine d'induction dont le circuit primaire est traversé par un courant interrompu par un électro-

(*) Voir *Annales*, t. IV, p. 97.

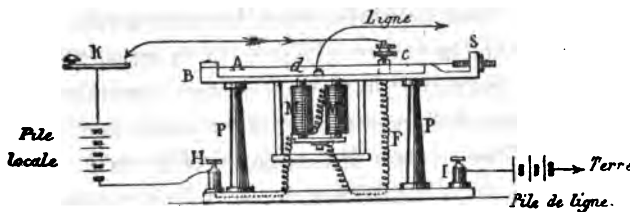
tome vibrant, ce qui engendre dans le circuit secondaire une série d'impulsions induites à un potentiel élevé. Ces impulsions induites traversent la ligne et donnent naissance à une note qui dépend de la vitesse à laquelle elles se succèdent, soit en actionnant une bobine de fil renfermant un noyau de fer doux comme dans le système Varley, soit en traversant un tissu animal en contact avec un corps sonore. En dehors des détails mécaniques, ce dernier fait est le point original du brevet, et nous ne croyons pas que ce curieux phénomène ait été encore expliqué. Si une personne se place elle-même dans le circuit secondaire et qu'elle mette sa main ou une autre partie de son corps en contact avec un conducteur électrique sonore de façon que le circuit soit complété à travers ce conducteur, et que les impulsions passent de sa chair dans le corps sonore, ces impulsions produiront dans ce dernier des vibrations en nombre correspondant, et si ces vibrations se succèdent avec une vitesse et une intensité suffisantes, il en résultera une note musicale dont la qualité dépendra de la nature du corps résonnant, mais dont la hauteur sera celle du son correspondant aux vibrations de l'interrupteur de circuit vibrant à la station qui transmet. Ce corps résonnant sera un cylindre métallique mince ou une plaque de métal tendue au moyen de cordes métalliques au-dessus de la caisse d'un violon ou une feuille de papier tendue sur un anneau métallique ou tout autre arrangement analogue. Nous décrirons un résonnateur qui convient spécialement à cet objet.

Dans ce premier brevet de Gray, il n'est pas fait mention de la télégraphie multiple. Il propose d'appliquer son invention à la télégraphie en substituant à l'alphabet Morse, dont chaque lettre se compose de signaux simples dans un certain ordre, une représentation de lettres par

des sons de hauteur différente. Ces sons se succéderaient plus rapidement que des marques imprimées et leur durée serait plus courte que le temps actuellement nécessaire pour obtenir ces marques. Si l'on voulait conserver le Code Morse, les points seraient représentés par un son et les traits par un autre. Mais en mettant de côté le Code Morse, les signaux pourraient être produits par des combinaisons variées de sons que l'opérateur comprendrait bien vite, et comme il les distinguerait à l'oreille, il aurait les yeux et les mains libres pour transcrire le message.

Dans les brevets anglais qu'il prît plus tard (n° 974 en 1875 et n° 1874 en 1876), M. Gray décrit l'application de son téléphone à la télégraphie multiple, et l'emploi du récepteur Morse ordinaire actionné par une pile locale concurremment avec le téléphone. La *fig.* 4 représente l'appareil transmetteur d'une de ses méthodes qui est

Fig. 4.



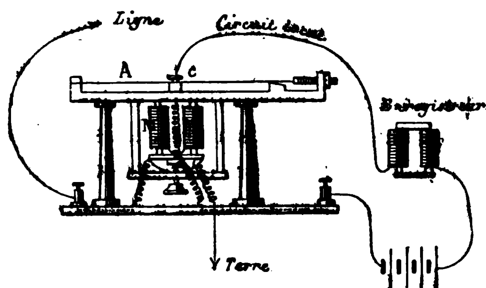
basée sur ce fait qu'une corde ou un barreau vibrant d'une longueur, largeur et épaisseur déterminées et soumis à une tension également déterminée, donne un nombre défini de vibrations par seconde et vibre toujours à la même vitesse en produisant une note musicale définie que l'on appelle la fondamentale de ce barreau ou de cette corde.

A est un barreau d'acier mince qui est tendu à volonté au moyen de la vis S. Il est supporté par le barreau B qui à son tour est supporté par les colonnes PP, et qui soutient le châssis des électro-aimants MM. Les pôles de ces électro-aimants traversent le barreau B de façon à se trouver au-dessous du barreau A ; *c* est un contact susceptible de réglage et placé au-dessus de A, et *d* est un autre contact placé juste au-dessous de ce barreau. Le barreau peut vibrer librement entre ces deux contacts. A l'aide d'une pile locale et d'une clef K, on établit un circuit à travers le contact *c*, le barreau A, le fil F et les électro-aimants MM. Ces électro-aimants attirent le barreau A et l'éloignent du contact *c*. Le circuit est alors rompu, les électro-aimants sont neutralisés et le barreau revient de nouveau au contact avec *c*, rétablissant ainsi le circuit et ainsi de suite. De cette manière, le barreau est mis et maintenu en vibration aussi longtemps que la clef est abaissée. Le barreau ainsi mis en vibration sert à interrompre le circuit de ligne qui est complété par la pile de ligne, le contact inférieur *d*, le barreau A, la ligne, le récepteur de la station éloignée et la terre. Chaque vibration du barreau A le met en contact avec *d*, et par suite le courant de ligne est interrompu autant de fois que le barreau vibre, c'est-à-dire autant de fois qu'il y a de vibrations dans sa fondamentale. K doit être considéré comme une clef de transmission qui, lorsqu'on l'abaisse, met la tige en vibration et par suite ferme le circuit de la ligne et envoie à la station éloignée un courant intermittent.

L'appareil récepteur placé à la station éloignée est semblable à l'appareil transmetteur. Le courant de la ligne (*fig.* 5) va à la terre en traversant l'électro-aimant MM et, en actionnant l'électro-aimant, fait vibrer le barreau A ;

les dimensions et la tension de ce barreau sont réglées de manière qu'il puisse donner la même note fondamentale

Fig. 5.



que celui du transmetteur. Le barreau ainsi mis en vibration peut produire une note perceptible, de même hauteur que celle du transmetteur, ou bien il peut fermer, en touchant le contact c, un circuit local dans lequel est intercalé un appareil électro-magnétique ordinaire ou tout autre enregistreur ou relais. Comme les interruptions dans le circuit local sont si courtes que l'inertie magnétique ne permet pas à l'électro-aimant de perdre son aimantation, l'armature ne se détache pas et les courants agissent comme s'ils étaient continus.

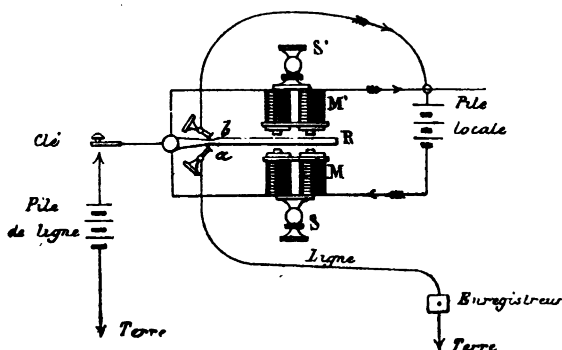
Plusieurs de ces appareils transmetteurs peuvent évidemment être reliés ensemble à la station qui envoie, chacun d'eux ayant un récepteur qui lui correspond à l'autre station. De la sorte, plusieurs messages distincts peuvent être transmis simultanément sur le même fil, et chacun de ces messages est enregistré par le récepteur harmonique qui est à l'unisson avec le transmetteur particulier qui aura servi à l'envoyer. « Il peut y avoir autant d'appareils transmetteurs et de circuits locaux indépendants qu'il y a de tons et de demi-tons dans deux octaves

ou plus, et chaque barreau vibrant pourra être accordé à une des différentes notes de l'échelle musicale. Les instruments pourront être placés les uns à côté des autres et leurs clefs locales respectives disposées comme les touches d'un piano, de façon à pouvoir facilement jouer un air composé de notes et d'accords. On peut également espacer les appareils transmetteurs et les mettre à une certaine distance les uns des autres. La station de réception sera munie d'un nombre correspondant d'appareils qui pourront être placés à côté ou à distance les uns des autres. »

Au lieu de recevoir les vibrations sur des électro-aimants, comme on vient de le décrire, on pourra les recevoir, comme il a été dit plus haut, sur une plaque de métal vibrante suspendue au-dessus d'un violon, et au moyen de résonnateurs et de tuyaux d'orgue, accordés chacun à une certaine note fondamentale, on pourra discerner le son simple voulu au milieu du bruit ou son composé.

La *fig.* 6 représente un autre genre de transmetteur dû également à M. Gray. Une tige vibrante R, accordée de

Fig. 6.



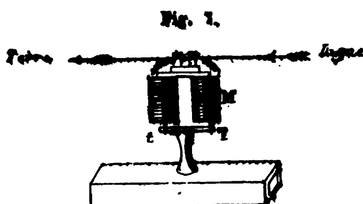
manière à donner une note déterminée, est fixée de façon à pouvoir vibrer entre les deux pôles de deux électro-aimants MM' que l'on peut rapprocher ou éloigner de la tige vibrante au moyen de deux vis SS'. La tige est armée de deux ressorts munis de pointes de platine qui établissent, quand elle vibre, des contacts alternatifs avec les pointes des deux vis de réglage *a* et *b*. Cette tige est tout d'abord mise en vibration par un choc ou une impulsion directe; son mouvement vibratoire est ensuite entretenu d'une façon constante par l'artifice suivant : le circuit de la pile locale est, comme le montre la figure, complété à travers les deux électro-aimants MM'. Tant que la tige est au repos, les effets des deux électro-aimants se neutralisent mutuellement; mais quand la tige est mise en vibration, ses oscillations ferment et ouvrent alternativement le ressort de contact placé en *b*. Chaque fois que ce contact est fermé, l'électro-aimant M' est mis hors du circuit et laisse l'électro-aimant M agir seul sur la tige et l'attirer. Cette légère impulsion magnétique aide la vibration de la tige, le contact en *b* est de nouveau ouvert, et l'électro-aimant M' rentre dans le circuit pour en sortir encore lorsque la tige, qui continue de vibrer, se mettra de nouveau en contact avec *b*.

La tige, ainsi maintenue en vibration constante, sert à interrompre le circuit de ligne au moyen de l'autre ressort *a*. La pile de ligne, la clef de transmission et la ligne sont reliées ensemble à travers le ressort de contact *a*. Toutes les fois que la clef de transmission est abaissée, un courant s'écoule sur la ligne; mais ce courant est rendu intermittent par les interruptions que la tige vibrante produit dans le circuit. Ces interruptions correspondent évidemment à la vitesse de vibration de la tige, et le courant, s'il est convenablement utilisé, engendrera

dans l'instrument récepteur de la station éloignée une note identique à celle que donne la tige.

La *fig.* 7 représente un appareil récepteur électro-ma-

Fig. 7.



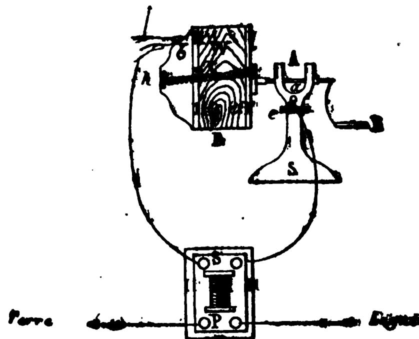
gnétique très-simple qui donne des notes que l'on entend distinctement. C'est un double électro-aimant M fixé sur un tuyau sonore en bois, fermé d'un côté et ouvert de l'autre. L'armature de l'électro-aimant est fixée invariablement par une extrémité à l'un des pôles de l'électro-aimant; l'autre extrémité vibre librement au-dessous et très-près de l'autre pôle. Quand le courant intermittent venant de la ligne passe à travers l'électro-aimant pour se rendre à la terre, l'extrémité libre de la languette est alternativement attirée puis abandonnée par l'électro-aimant. De cette manière, elle vibre sous l'action du courant. Cette languette est accordée de façon à donner la même note fondamentale que la caisse sonore qui est elle-même accordée de façon à produire le maximum de résonnance du son voulu. Par conséquent, quand la languette vibre, l'intensité de sa note fondamentale est amplifiée suivant les lois bien connues de l'acoustique. Un son transmis sera reproduit par la caisse à la condition qu'il soit à l'unisson de celui de la caisse, sinon l'on n'entendra rien. Ainsi donc, ce récepteur agit comme un analyseur des courants transmis et peut être utilisé pour la transmission multiple; car, si plusieurs trans-

metteurs semblables à celui représenté *fig.* 6, et vibrant chacun à une note différente, sont réunis dans un circuit et mis en marche, et si à chacun de ces transmetteurs correspond à la station de réception un analyseur accordé à l'unisson avec lui, le courant complexe qui en résulte alors sur la ligne sera décomposé par les analyseurs, et chacun de ces derniers répondra à la série de vibrations qui lui convient.

Cet analyseur est également employé pour fermer un circuit local et faire fonctionner un Morse ou autre appareil enregistreur, en tendant une membrane de parchemin ou de baudruche devant la cavité de la caisse sonore et en fixant sur cette membrane un contact de platine qui heurte un autre ressort ou barreau de contact, quand la membrane est mise en vibration par la colonne d'air de la caisse.

Le récepteur physiologique de Gray est le plus intéressant de tous comme curiosité. Il est représenté dans la *fig.* 8. Le courant intermittent venant de la ligne se rend à la terre à travers le circuit primaire d'une petite bobine d'induction dont le circuit secondaire est relié au récep-

Fig. 8.



teur. La bobine d'induction n'est pas essentielle, mais elle a l'avantage d'amplifier l'intensité du courant. S est un pied en fer se bifurquant de manière à former une fourchette *a* qui supporte un axe A. Cette fourchette est isolée du reste du pied de l'appareil au moyen d'une pièce d'ébonite *e*. L'arbre est mis en mouvement à l'aide d'une manivelle en ébonite E, et il entraîne une caisse creuse de résonnance en bois dur, ayant une face bombée formée d'une feuille de zinc *b* percée d'une ouverture en *h*. Cette face est reliée à l'axe par un fil W qui traverse l'intérieur de la caisse. L'opérateur tient l'autre bout du fil de la bobine secondaire dans sa main. Alors, tandis qu'un doigt de cette main presse sur le zinc légèrement et à sec, à l'aide de l'autre main on fait tourner doucement la caisse. Le passage du courant, du doigt à la surface conductrice de la caisse sonore, fait rendre à cette caisse une note qui correspond à ce courant. Quand le courant ne passe pas, on n'entend que le frottement sec du doigt sur le zinc; mais si, au contraire, le courant passe, on entend distinctement une note musicale qui dure aussi longtemps que le courant. Il est difficile de dire pourquoi le mouvement de la caisse augmente le son, et pourtant le fait est certain.

L'appareil de M. Gray a fonctionné avec succès sur les lignes de la *Western Union Telegraph Company*, de Boston à New-York et sur d'autres circuits de plusieurs centaines de milles, et l'on affirme que cet appareil a réussi à transmettre 4 dépêches sur des lignes de 2.400 milles de cette compagnie. M. La Cour est en train de perfectionner également son système, et nous pouvons espérer que d'ici peu de temps le téléphone rendra des services comme télégraphe pratique.

(*Engineering.*)

LES

TÉLÉPHONES DE BELL ET DE VARLEY (*)

Le téléphone de Bell a pour but de reproduire avec un certain degré d'exactitude la voix humaine. On sait que l'oreille distingue trois qualités du son : la *hauteur* qui dépend du nombre des vibrations; l'*intensité* ou *amplitude* qui dépend de l'amplitude des vibrations, et le *timbre* qui caractérise chaque instrument. Dans son téléphone, M. Bell a réussi à reproduire la *hauteur* et l'*intensité* de la note.

Les mouvements vibratoires du tympan, d'où résulte la sensation d'un son, sont dus aux ondulations mises en mouvement par des corps extérieurs à l'oreille. Ainsi, un diapason, par la vibration de ses branches, fait pénétrer ses ondulations dans l'oreille, et vibrer le tympan à l'unisson avec lui.

Prenons une plaque de fer flexible, fixons solidement une de ses extrémités sur une caisse sonore; plaçons près de l'autre extrémité les pôles d'un électro-aimant, et faisons passer dans les bobines de ce dernier des courants intermittents se succédant à des intervalles réguliers, la plaque vibrera à l'unisson de ces courants intermittents, par suite des alternances d'attraction et de cessation d'attraction de la plaque par les pôles de l'aimant. En

(*) Extrait du *Telegraphic Journal* et du traité de M. Prescott.

faisant varier la vitesse de succession des pulsations du courant, on pourra reproduire une note quelconque. Si ces pulsations sont toutes d'égale intensité, la note aura toujours la même amplitude; mais si la puissance de la pile peut être augmentée ou diminuée, il en sera de même des amplitudes des vibrations et, par suite, de l'amplitude de la note. D'où le moyen de reproduiré deux des éléments essentiels des sons naturels.

Produisons un son dans le voisinage d'une membrane bien tendue, la membrane vibrera à l'unisson, sa vitesse d'oscillation concordera avec la hauteur du son, et l'amplitude de ses vibrations sera proportionnelle à l'amplitude du son. Si au centre de cette membrane est fixé un point de contact, et qu'en regard et très-près on place un autre point de contact, ces deux points se toucheront à chaque vibration de la membrane. Si, dans un circuit contenant ces deux points, on place une pile avec un électro-aimant et une plaque comme ci-dessus, la plaque sera attirée, et chaque vibration de la membrane sera suivie d'une vibration correspondante de la plaque.

Une note lancée près de la membrane communiquera ses vibrations à cette dernière, et, par l'intermédiaire de l'interrupteur décrit, la plaque de. fer reproduira une note correspondante.

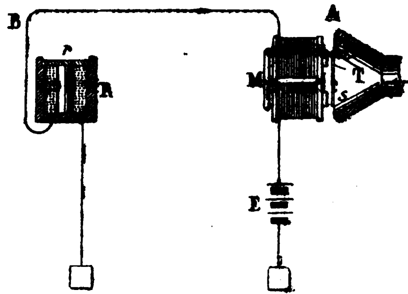
Tel est le moyen de reproduire à distance, par l'intermédiaire d'un fil, une note donnée. Le téléphone de feu sir Ch. Wheatstone était dans ce genre, sauf quelques détails dans l'organe récépteur de l'appareil.

Mais un tel arrangement ne permettrait pas de faire varier l'intensité d'une note. L'amplitude des vibrations de la membrane n'influe pas sur l'intensité du courant qui traverse l'électro-aimant, et ce résultat ne peut être obtenu en modifiant l'interrupteur. Aussi, le professeu

Bell a-t-il abandonné cette partie de l'appareil et imaginé un moyen fort simple de produire l'effet voulu.

Le mouvement d'une armature en face des pôles d'un électro-aimant dans lequel circule le courant d'une pile, induit un courant magnéto-électrique dans les bobines de cet électro-aimant, courant dont l'intensité est exactement proportionnelle à la vitesse de vibration de l'armature. Fixant alors une petite armature de fer à la membrane vibrante, et la plaçant près des pôles d'un électro-aimant de ce genre, relié à un arrangement semblable à celui de la plaque de fer vibrante, M. Bell a pu imprimer à cette plaque des vibrations de même amplitude que celles de la membrane, et, par suite, faire reproduire à cette plaque une note de même hauteur et de même amplitude que celle lancée près de la membrane (*).

Tel est le téléphone de Bell dont la figure donne le



principe. A est l'appareil transmetteur, B l'appareil récepteur. Quand une personne parle dans le tube T, dans la direction de la flèche, les vibrations de l'air se communiquent à la membrane tendue à l'extrémité de ce tube, membrane à laquelle est fixé un léger barreau ai-

(*) La description qui suit est extraite du traité de M. Prescott.

manté d'une façon permanente *ns*. En face de ce barreau sont les pôles d'un électro-aimant M, dans le circuit de la ligne, qui est constamment chargée par le courant de la pile E. Les vibrations de l'aimant *ns* induisent des pulsations magnéto-électriques dans les bobines de l'électro-aimant M; ces pulsations traversent le circuit, et leur intensité est proportionnelle aux vibrations de l'aimant. L'appareil peut donc transmettre à la fois la hauteur et l'intensité des sons qui pénètrent dans le tube T.

Le récepteur est un électro-aimant tubulaire R, formé d'une simple hélice enfermée dans une caisse extérieure de fer doux, au sommet de laquelle est montée et vibre librement par l'action de l'hélice magnétisante, la plaque de fer *r*, de l'épaisseur d'une feuille de papier. Les sons ainsi produits sont évidemment très-faibles et ne peuvent être transmis qu'à petite distance. Il ne saurait en être autrement, l'appareil étant actionné mécaniquement par la voix ou toute autre source de sons. Il faudrait imaginer une espèce de relais qui pût amplifier les faibles vibrations ainsi reçues.

Le professeur Bell a imaginé depuis des téléphones dans lesquels le transmetteur et le récepteur sont identiques, et où les âmes des électro-aimants sont en acier aimanté, ce qui dispense de la pile (*).

Le téléphone de M. *Varley* diffère totalement de celui du professeur Bell, et ne peut lui être comparé, n'ayant pas le même but.

La principale particularité de cet instrument est la partie qui sert à la réception. Elle se compose d'un grand tambour de trois ou quatre pieds de diamètre. A

(*) Voir ci-après, p. 555.

l'intérieur est placé un condensateur formé de quatre feuilles d'étain séparées par des feuilles de matière isolante. Les feuilles sont superposées sans être serrées, et leur surface est environ la moitié de celle du tambour. Les plaques de ce condensateur sont parallèles au parchemin du tambour et en sont très-rapprochées.

Si l'on envoie une charge d'électricité dans le condensateur, les plaques s'attirent mutuellement et, par suite, se rapprochent légèrement l'une de l'autre, ce qui produit un mouvement de l'air dans leur voisinage, mouvement qui se communique au parchemin du tambour. Par conséquent, si, à intervalles réguliers, le condensateur est successivement chargé et déchargé, il s'établit dans ses plaques une vibration continue qui est transmise au parchemin du tambour, lequel émet une note d'une hauteur proportionnée à la rapidité avec laquelle les charges et les décharges se succèdent les unes aux autres.

On produit ces charges et décharges en reliant les plaques du condensateur aux deux bornes du circuit secondaire d'une machine d'induction, et la vitesse avec laquelle les courants sont émis et interrompus dans le circuit primaire, détermine par suite la vitesse avec laquelle vibrera le parchemin du tambour.

La manière de produire les émissions et les interruptions de courant dans le circuit primaire est assez simple. On se sert d'un interrupteur de contact formé par un diapason actionné par un électro-aimant placé dans le circuit de la bobine primaire. Les deux branches du diapason sont placées entre les pôles de l'électro-aimant; quand le courant passe dans l'électro-aimant, les deux branches sont attirées, s'ouvrent et, par suite, rompent un contact dans le circuit; l'électro-aimant perdant alors son aimantation laisse les deux branches re-

venir à leur position normale, ce qui rétablit le contact; de cette façon le diapason vibre d'une manière continue.

Un certain nombre de diapasons sont reliés chacun séparément, à une machine d'induction, et chaque diapason est relié également à une touche de piano, de telle sorte que l'un quelconque de ces diapasons avec sa machine d'induction peut être mis en communication avec le condensateur qui se trouve dans le tambour.

RELAIS A PRESSION DE M. EDISON.

M. Edison a imaginé récemment un relais très-ingénieux fondé sur un principe entièrement nouveau. Il utilise la propriété que possède la plombagine d'avoir sa résistance électrique extrêmement diminuée sous l'influence d'une légère pression. On place des disques minces de cette substance sur les pôles creusés d'un électro-aimant dont les bobines ont une résistance de plusieurs centaines d'ohms. Sur les disques de plombagine repose l'armature, qui est munie d'une borne-vis qui sert à fixer le fil de la pile locale.

Les noyaux de l'électro-aimant, les disques de plombagine et l'armature font partie d'un circuit local qui contient également un récepteur ordinaire et une pile de plusieurs éléments à bichromate. L'électro-aimant du relais est intercalé dans la ligne principale à la manière ordinaire. Le fonctionnement de l'appareil est le suivant : quand le circuit principal est ouvert, l'armature cesse d'être attirée, et la seule pression exercée sur les disques de plombagine est due au poids de l'armature elle-même. Avec cette pression seule, la résistance qu'oppose la plombagine au passage du courant local s'élève à plusieurs centaines d'ohms, et par suite de cette résistance dans le circuit local, le récepteur reste ouvert. Si maintenant le circuit principal est fermé, il s'établit une puissante attraction entre l'électro-aimant du relais et son armature, ce qui fait que la pression sur les disques de

plombagine devient bien plus grande, et que leur résistance, qui était de plusieurs centaines d'ohms, est réduite à plusieurs ohms seulement; par conséquent, le récepteur se ferme. Jusqu'ici le résultat obtenu diffère peu de celui que donne un relais ordinaire. Mais ce qui distingue ce relais de ceux qu'on emploie habituellement, et ce qui lui donne son prix, c'est qu'il répète ou transporte d'un circuit dans un autre les intensités relatives du courant qui traverse le premier circuit.

Par exemple, si un faible courant circule sur la ligne dans laquelle se trouve l'électro-aimant du relais, l'attraction exercée sur les disques de plombagine sera légère, par conséquent un courant faible circulera dans le second circuit; et si, au contraire, le courant qui circule dans le premier circuit est fort, la pression supportée par les disques de plombagine sera augmentée, et le courant qui traverse le second circuit sera augmenté dans la même proportion. Il n'y a aucun réglage à faire. C'est probablement le seul moyen qu'on ait encore trouvé pour la translation de signaux d'*intensités variables*, d'un circuit dans un autre, en employant des piles à la manière ordinaire.

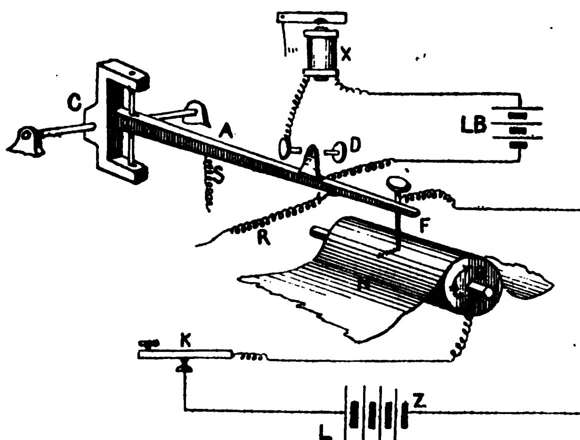
M. Edison se propose d'utiliser cet appareil à la reproduction des vibrations acoustiques d'intensités variables dans son télégraphe parlant.

(*Journal of the Telegraph*).

ÉLECTRO-MOTOGRAPHE DE M. EDISON.

Cet instrument est fondé sur une découverte de M. Edison relative à l'électro-chimie. Il est extrêmement sensible, même aux faibles courants, et la rapidité de son fonctionnement le rend très-propre à la translation des signaux transmis par les télégraphes à grande vitesse. Il dispense enfin de l'emploi d'électro-aimants.

Fig. 1.



Cette invention repose sur le principe suivant :

G est un tambour auquel un mécanisme d'horlogerie imprime un mouvement de rotation dans la direction de la flèche. Ce tambour fait avancer lentement une bande de papier imprégné d'une solution d'hydrate de potasse. Immédiatement au-dessus du tambour se trouve un levier A, ayant son pivot en C, et libre de se mouvoir de

bas en haut et des deux côtés. Ce levier est muni tout à fait à son extrémité d'une vis F terminée par une pointe en plomb, qui appuie fortement sur la surface du papier chimique par l'effet de la tension du ressort S. Le levier A porte encore près de son extrémité une pointe latérale en platine, mobile entre la borne-vis D, et une vis également en platine faisant face à cette dernière. X est un parleur, LB la batterie locale, et les communications locales sont établies comme à l'ordinaire.

L est la pile de ligne et K le manipulateur supposé placé à la station de départ. Le pôle zinc de cette pile est relié à la vis à pointe de plomb F, et son autre pôle au tambour G à travers le manipulateur. L'action est la suivante : La pression que la pointe F exerce sur le papier cause un grand frottement et fait pénétrer en quelque sorte cette pointe dans le papier : alors le tambour dans sa rotation entraîne le levier vers la vis d'arrêt D, et le circuit local est ouvert. En donnant seulement un ou deux tours de tension au ressort R, le frottement sera encore suffisant pour maintenir le levier en contact avec D; mais au moment où l'on ferme le circuit de ligne avec le manipulateur K, le passage du courant produit sur la pointe de plomb et le papier chimique une action particulière et inconnue, en vertu de laquelle le frottement normal est presque complétement annihilé. Le ressort R tire alors le levier à gauche, ferme le circuit local, et continue à rester à gauche tant que le courant passe sur la ligne. Mais, dès qu'avec le manipulateur K, on interrompt le courant, le frottement normal reprend immédiatement son énergie, et le tambour, continuant son mouvement de rotation, entraîne le levier contre l'arrêt D, et interrompt le circuit local.

En transmettant des signaux avec une bande perforée

et se servant de cet appareil comme relais, M. Edison a réussi à reproduire sur le circuit local 1,400 mots dans une minute, ce qui suppose au moins 400 mouvements entiers et parfaits du levier par seconde.

L'inventeur a aussi imaginé une disposition de l'appareil permettant de travailler avec des courants positifs et négatifs, ce qui dispense des ressorts de réglage. On pense que cet appareil aura son application dans les transmissions rapides à travers les longs câbles sous-marins, parce qu'il exige très-peu de pile, qu'il est très-sensible aux faibles courants et qu'il peut enregistrer les signaux avec une grande précision sans électro-aimants.

(DAVIS et RAE, *Hand-book of electrical diagrams, etc.*)

TÉLÉPHONE DE M. EDISON.

M. Edison, comme M. Bell, s'est proposé de transmettre la voix humaine, et il y arrive par une méthode distincte de celle de M. Bell. On sait que ce dernier engendre son électricité en faisant vibrer une membrane de fer placée auprès des pôles d'un électro-aimant puissant et permanent, et reçoit les pulsations ainsi engendrées et transmises simultanément, sur un diaphragme semblable placé auprès des pôles d'un électro-aimant. Ce système n'a nécessairement qu'une capacité très-restreinte : 1° parce que la voix humaine qui produit le mouvement de la membrane ne peut donner naissance qu'à une petite quantité d'électricité, et qu'ainsi le courant a une intensité trop faible pour traverser un fil d'une certaine longueur; 2° parce qu'on se sert d'un électro-aimant pour récepteur. Or le temps étant un élément très-important, eu égard à la charge et à la décharge d'un électro-aimant, on comprendra facilement que la grande rapidité de ces charges électriques dépasse la capacité de transmission de cet organe. Il en résulte que souvent les notes élevées ne parviennent pas, ou, si elles arrivent, elles ont un volume si réduit, qu'on peut à peine les percevoir.

Pour ces deux motifs, l'appareil de M. Bell semble ne pouvoir être utilisé que sur les lignes très-courtes.

M. Edison a prévu ces difficultés et a cherché à substituer aux électro-aimants un organe plus parfait; il a créé ainsi le téléphone électro-motographe. Une courte

description fera voir que cet instrument diffère totalement en principe de celui de M. Bell.

L'appareil transmetteur est tout simplement un long tube de 2 pouces environ de diamètre, et dont l'une des extrémités est recouverte d'un diaphragme composé d'une mince feuille de laiton tendue sur un anneau.

Au centre du diaphragme de laiton est rivé un disque mince de platine ; et, bien en face de ce disque, se trouve une vis à pointe de platine fixée à un support droit. Quand on veut transmettre de la musique, il suffit de chanter ou de jouer dans l'extrémité ouverte de ce tube ; alors le diaphragme entre en vibration, les pointes de platine se rencontrent, ferment le circuit, et le courant électrique transmet chaque vibration par le fil à la station de réception.

L'appareil récepteur employé par M. Edison pour reproduire les notes est fondé sur une découverte originale qu'il fit il y a cinq ans, et qui consiste en ceci : Si une feuille de papier imprégnée d'une certaine solution chimique est placée sur une plaque métallique reliée au pôle positif d'une pile, et qu'un fil relié au pôle négatif de cette pile et muni d'un contact de platine soit promené sur le papier, le frottement du contact sur le papier cesse dès que le courant passe, et le contact de platine glisse sur le papier comme le fer glisse sur la glace; mais si le courant est interrompu, cet effet cesse aussitôt et, par suite du frottement normal sur le papier, le contact ne peut plus être promené sur le papier qu'avec une certaine difficulté.

Ce principe est appliqué au récepteur qui se compose d'un résonnateur et d'un tambour monté sur un axe que fait tourner une manivelle. Une bande de papier passe du dévidoir sur le tambour dont la surface est rugueuse.

Sur le tambour repose une pointe douce de platine portée à l'extrémité d'un ressort qui est fixé au centre du résonnateur et fait appuyer avec une force considérable la pointe de platine sur le papier chimique. Le courant sortant de la pile va au ressort, à la pointe de platine, de là au papier humide, qui dans cet état est conducteur, puis au tambour et retourne à la pile. Quand on tourne la manivelle, le papier avance et le frottement normal qui a lieu entre la pointe et le papier communique au ressort un mouvement en avant; et le ressort exerce une traction sur un des côtés du résonnateur. Si maintenant une onde de courant passe à travers le papier, tout frottement cesse, et le ressort n'étant plus entraîné, le côté du résonnateur revient à sa position normale; cet effet se produit à chaque vibration. Grâce à ce frottement, les courants les plus faibles qui n'exerceraient aucune action sur un électro-aimant, donnent des résultats extraordinaires. L'appareil répétera et reproduira avec une grande intensité les notes les plus élevées de la voix humaine, notes que l'on peut à peine distinguer lorsqu'on emploie les électro-aimants dont la lenteur de fonctionnement est due au temps nécessaire à l'aimantation et à la désaimantation des noyaux en fer, et à la production de courants secondaires qui troublent la marche et tronquent les signaux.

Cette description se rapporte plus spécialement à l'appareil qui sert à transmettre les notes ou le chant de la voix humaine. Il ne diffère du récepteur ou télégraphe *parlant* proprement dit, qu'en ce que la pointe de platine de la vis de réglage du transmetteur est remplacée dans ce dernier par une pointe de plombagine. C'est là encore une autre découverte originale de M. Edison, consistant en ceci que la résistance de la plombagine varie très-ra-

pidement par l'effet de la pression; dans le cas en question, quand le diaphragme vibre faiblement, il s'établit un contact très-léger avec la pointe de plombagine, et la résistance de la plombagine n'étant que légèrement diminuée, un faible courant s'écoule de la pile, et par suite un effet faible est produit à la station qui reçoit. Si, au contraire, on exerce sur le diaphragme une forte pression en faisant plus fortement vibrer la voix, la résistance est extrêmement diminuée, et un fort courant s'écoule sur la ligne produisant à la station qui reçoit un effet puissant et sonore. Il résulte de là que toute la force et toutes les nuances engendrées par la voix à la station qui transmet, arrivent dans les mêmes proportions à la station de réception, et l'on obtient ainsi une articulation nette de la voix. Cette invention peut avoir bien d'autres applications. La possibilité d'envoyer automatiquement des courants d'intensités différentes provenant d'une même pile est une découverte électrique nouvelle et précieuse.

(*Philadelphia Press* et *Telegraphic Journal.*)

LE TÉLÉPHONE

DEVANT L'ASSOCIATION BRITANNIQUE A PLYMOUTH.

Le téléphone a fonctionné pour la première fois en Angleterre devant l'assemblée de l'association britannique à Plymouth, et ce sera là un des faits mémorables de cette réunion. Dans l'adresse lue l'année dernière devant la section A de l'association britannique à Glasgow, sir William Thomson, qui arrivait d'Amérique, fit une briève description de cet instrument qu'il considérait comme de beaucoup la plus grande des merveilles de la télégraphie, et montra dans sa main le premier téléphone du professeur Bell, que l'*Engineering* fit alors connaître à ses lecteurs, il y a huit mois (*).

C'est la première description qui a été donnée en Angleterre du téléphone articulant. Mais, depuis cette époque, le professeur Bell a beaucoup perfectionné cet appareil et l'a simplifié d'une façon remarquable.

Le 17 août dernier, le journal quotidien de l'association britannique annonçait que M. Preece lirait devant la section A un mémoire sur le téléphone, avec démonstration expérimentale, et bien que ce fût le sixième des mémoires à lire dans la séance, il y avait, dès l'ouverture, salle comble; dames et messieurs écoutèrent patiemment la lecture de rapports sur les questions mathématiques les

(*) Voir *Annales*, t. IV, p. 218.

plus abstraites, et ne bougèrent pas de leur place malgré l'aridité de pareils sujets. Le mémoire de M. Preece, que nous donnons *in extenso*, à la suite, a été fort intéressant, et nous sommes entièrement de son avis quand, dans ses remarques préliminaires, il a dit que ce qu'il y avait de plus merveilleux dans cet instrument, c'est sa naïve simplicité. Il se compose uniquement d'un barreau aimanté, d'une bobine de fil et d'un disque mince de feuille de fer. Les instruments transmetteur et récepteur sont identiques, et l'appareil entier peut être mis dans la poche d'un paletot. A la fin de la lecture, une conversation par la voix humaine fut établie avec le bureau télégraphique de la ville, situé à un quart de mille de la salle; on transmit également de la musique et des chants. Il n'est besoin ni d'une voix exercée ni d'une oreille exercée pour transmettre ou entendre le message. Les dames et les messieurs de l'assistance ont pu converser à leur aise avec l'employé du Post-office; l'usage de cet instrument offre une analogie parfaite avec celui du tuyau acoustique et est presque aussi facile. Après les expériences faites avec l'instrument relié au Post-office, on établit la communication avec Exeter, et l'on entendit distinctement des sons dans le téléphone. Ces sons, ou plutôt ces bruits, étaient produits par les courants télégraphiques envoyés sur les fils établis parallèlement sur les mêmes poteaux entre Plymouth et Exeter. Mais lorsqu'on donnait l'ordre de suspendre le trafic, comme cela a eu lieu dans la lecture faite par M. Preece à l'hôtel de ville, dans la nuit du 18, on transmettait les conversations et les chants, et la manipulation d'un appareil Morse, manœuvré à Exeter, fut distinctement entendue dans le Guildhall de Plymouth, à 50 milles de distance, aux applaudissements de la foule qui assistait à ces expériences publiques.

Mémoire de M. W. H. Preece sur le Téléphone, lu devant l'Association britannique à Plymouth.

Dans ce qui va suivre, je distinguerai les téléphones musicaux, c'est-à-dire les appareils qui servent à la transmission des notes musicales, et les téléphones articulants, c'est-à-dire ceux qui servent à la transmission de la voix humaine.

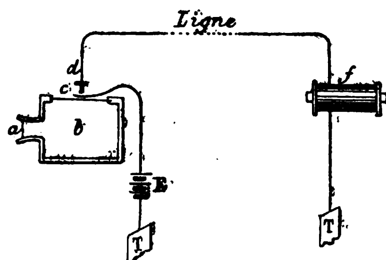
En 1837, Page, électricien américain, découvrit que l'aimantation et la désaimantation rapide des barreaux de fer produisaient ce qu'il a appelé la « musique galvanique ». Les notes musicales dépendent du nombre des vibrations communiquées à l'air par seconde. Si ce nombre dépasse seize, on obtient des notes distinctes. D'où il résulte que si les courants qui traversent un électro-aimant sont émis et interrompus plus de seize fois par seconde, on obtient la « musique galvanique » par les vibrations que le barreau de fer communique à l'air. Ce barreau donne naissance à ces vibrations par suite des changements de forme résultant de chacune de ses aimantations et désaimantations successives.

En 1843, de la Rive, de Genève, amplifia ces effets musicaux en opérant sur de longs fils tendus qui passaient à travers des bobines ouvertes et entourées de fil isolé.

En 1861, Philipp Reiss, de Friedrichsdorff, imagina le premier téléphone pouvant reproduire des notes musicales à une certaine distance. Il utilisa la découverte de Page en se servant d'une membrane vibrante pour établir et rompre rapidement un circuit galvanique. La fig. 1 montre le principe de son appareil : *b* est une boîte creuse en bois dans laquelle l'opérateur chante par l'embouchure *a*. Le son de la voix fait vibrer rapidement le dia-

phragme *c*, de telle sorte que chacune des vibrations établit ou rompt le contact des pointes de platine en *d*. De cette

Fig. 14



manière, le courant fourni par la pile E est interrompu aussi souvent que le diaphragme vibre, et par conséquent il aimante et désaimante successivement l'électro-aimant le même nombre de fois. Par suite, quelle que soit la note lancée dans l'orifice de la boîte *b*, le diaphragme vibrera à l'unisson de cette note, et l'électro-aimant *f* répondra à ces vibrations et par conséquent répétera la note.

Les sons musicaux varient en hauteur, en intensité et en qualité. La hauteur ne dépend que du nombre de vibrations par seconde; l'intensité dépend de l'amplitude ou de l'étendue de ces vibrations; la qualité ou timbre dépend de la forme des ondes produites par les vibrations des molécules de l'air.

Il est évident que dans le téléphone de Reiss, la seule chose qui varie dans le récepteur est le nombre de vibrations reçues, et par suite les sons qu'il émet varient seulement de hauteur; cet instrument transmet donc des notes et rien de plus; c'est un appareil théorique, mais sans valeur pratique.

En 1870, Cromwell Varley a montré comment on peut produire des sons par la charge et la décharge rapides d'un condensateur.

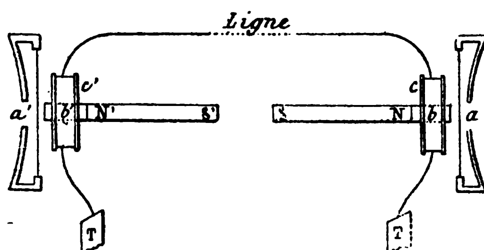
Elisha Gray, de Chicago, a réussi à produire des sons en frottant avec le doigt un corps sec et sonore, tel qu'un pot d'étain, pendant que des courants intermittents, transmis à l'aide d'un diapason, traversent ce vase; et, en reliant un électro-aimant à un résonnateur ouvert d'un côté et fermé de l'autre, il a pu reproduire le ton des notes musicales transmises. L'armature de son électro-aimant est fixée solidement à l'un des pôles, tandis qu'elle est séparée de l'autre pôle par un intervalle de $\frac{1}{64}$ de pouce. Les vibrations de l'électro-aimant sont transmises au résonnateur et par conséquent amplifiées. Il a construit un clavier à deux octaves avec des languettes d'acier dont chacune est accordée à l'unisson d'une note donnée, et est maintenue en vibration par des électro-aimants. Quand on abaisse une touche, la languette d'acier correspondante est mise en communication avec la ligne, et des courants en nombre convenable sont transmis à la station éloignée où ils actionnent le résonnateur et reproduisent ainsi la note. De cette façon, on peut jouer des accords et l'instrument devient un orgue électrique.

En adaptant des tuyaux d'orgue à ce résonnateur, M. Gray a amplifié les notes et a pu faire entendre dans une grande salle des airs joués à des stations éloignées de 90 à 280 milles. De plus, il a prouvé qu'il est possible de transmettre des chœurs et des notes composées à des stations éloignées. Il a imaginé aussi une méthode qui permet de transmettre l'intensité des notes aussi bien que leur hauteur. M. Léonard Wray a également inventé un récepteur qui émet les sons reçus d'une station éloignée à l'aide du diaphragme de Reiss.

Il appartenait au professeur Graham Bell, de Boston, qui, depuis 1872, s'est livré à une étude approfondie de cette question, de découvrir le moyen de transmettre

à la fois le ton, l'intensité et la qualité d'une note. Il a rendu possible la reproduction de la voix humaine avec toutes ses modulations à des distances éloignées. J'ai parlé avec des personnes placées à des distances variant jusqu'à 32 milles, et j'ai entendu le professeur Bell, qui se trouvait à un quart de mille, rire, éternuer, tousser et, en un mot, faire tous les sons que la voix humaine peut produire. Sans s'arrêter aux différents perfectionnements qu'a subis son appareil, il suffit de le décrire tel qu'il est actuellement. Comme Reiss, il fait vibrer un diaphragme, mais le diaphragme de l'appareil de M. Bell est un disque mince en fer *a*, qui vibre devant un noyau de fer doux *b*, attaché au pôle d'un électro-aimant permanent NS. Ce noyau, aimanté par l'influence du barreau aimanté SN, induit tout autour de lui un champ magnétique et attire vers lui le diaphragme de fer. Autour du noyau est enroulé une petite bobine *c* de fil de cuivre n° 38 recouvert de soie. Une des extrémités de ce fil est reliée au fil de ligne, l'autre à la terre. L'appareil est exactement le même aux deux bouts de la

Fig. 2.



ligne, de sorte qu'il est alternativement transmetteur et récepteur; il faut le mettre à la bouche pour transmettre les notes, et à l'oreille pour les recevoir.

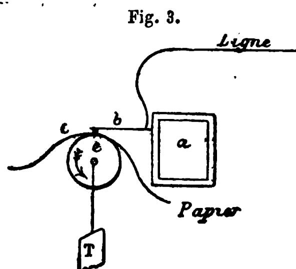
Cela posé, le fonctionnement de l'appareil repose sur ce simple fait que tout mouvement du diaphragme *a* change la condition du champ magnétique qui entoure le noyau *b*, et que toute variation du champ magnétique, augmentation ou diminution, induit un courant électrique dans la bobine *c*. En outre, l'intensité de courant induit dépend de l'amplitude de la vibration et de sa forme ou vitesse de vibration. Le nombre des courants transmis dépend donc du nombre des vibrations du diaphragme; maintenant, chaque courant induit dans la bobine *c* traverse le fil de ligne, se rend à la bobine *c'*, et par suite fait varier l'aimantation du noyau *b'*, augmentant ainsi ou diminuant l'attraction qu'il exerce sur le diaphragme *a'*. Par suite, le diaphragme *a'* vibre également, et chaque vibration du diaphragme *a* est répétée sur le diaphragme *a'* avec une forme et une force qui varient exactement ensemble. D'où il résulte que tout son qui fait vibrer *a* est répété par *a'*, puisque les vibrations de *a'* ne sont que la répétition exacte de celles de *a*.

Il est de toute évidence que le téléphone de Bell a une portée très-limitée. Les courants qui l'actionnent sont très-faibles, et il est si sensible aux courants étrangers que, quand il est relié à un fil qui passe dans le voisinage d'autres fils, il peut être actionné par tous les courants qui circulent dans l'un quelconque de ces fils; ce qui fait que sur une ligne occupée, il émet des sons qui ressemblent au bruit de la grêle qui frappe une fenêtre, et qui sont si sonores qu'ils couvrent la voix humaine.

M. T. A. Edison, de New-York, a essayé de remédier à ces défauts du téléphone de Bell; il a inventé un transmetteur qu'actionnent des courants de pile, dont l'intensité varie en raison directe de la qualité et de l'intensité de la voix humaine. Il a découvert ce fait curieux que la

résistance de la plombagine varie en quelque sorte en raison inverse de la pression qu'elle supporte. Il emploie le transmetteur de Reiss en substituant à la pointe de platine (*d*) un petit cylindre de plombagine, et il trouve que la résistance électrique de ce cylindre varie suffisamment avec la pression de la vibration du diaphragme pour que les courants qu'il transmet varient en forme et en intensité de façon à reproduire toutes les variétés de la voix humaine. Son récepteur est également un instrument tout nouveau. En 1874, M. Edison a découvert que le frottement qui a lieu entre une pointe de platine et un papier imprégné d'une substance chimique varie chaque fois qu'un courant passe entre la pointe et le papier, de telle sorte que l'on peut faire varier à volonté la vitesse avec laquelle le papier se meut.

Fig. 3.



Alors, si l'on attache au résonnateur *a* un ressort *b*, dont la face platinée repose sur le papier chimique, chaque fois que le tambour *e* tournera et qu'un courant traversera le papier, le frottement entre *c* et *e* sera modifié de façon à produire des vibrations dans le résonnateur *a*, et ces vibrations seront la reproduction exacte de celles qui sont émises par le transmetteur de la station éloignée.

Le téléphone d'Edison ne fonctionne encore qu'à titre d'essai en Amériqne. Dans les expériences auxquelles il a été soumis, on a pu entendre distinctement des chants et des paroles à travers 12.000 ohms, ce qui représente une ligne de 1.000 milles.

Le téléphone de Bell fonctionne à Boston, Providence, et à New-York. Il est employé sur quelques ligne privées

à Boston, et il est en construction sur d'autres lignes. J'ai essayé deux de ces lignes, et quoique nous ayons réussi à échanger des paroles, les résultats n'ont pas été aussi satisfaisants qu'on l'espérait. Les perturbations venant des fils qui travaillent sur la même ligne retarderont beaucoup l'emploi de cet appareil, mais il est certain qu'à force de recherches scientifiques et de patience, on parviendra bien vite à vaincre ces difficultés.

C'est au professeur Graham Bell que revient le mérite d'avoir le premier transmis la voix humaine à des distances que ne peuvent franchir ni l'oreille ni les yeux, par l'emploi de courants électriques.

(*Engineering.*)

CHEMINS DE FER.

I. Les électro sémaphores (*).

PAR M. HENRI LARTIGUE.

(Société des Ingénieurs civils.)

M. Lartigue rappelle qu'à la séance du 18 juillet 1873 il a exposé à la Société les principes de ces appareils, destinés à assurer la couverture permanente des trains en marche, selon les règles du Block-system, c'est-à-dire du mode d'exploitation où la distance est substituée au temps pour maintenir l'espacement des trains. Il montra alors principalement leur fonctionnement sur les lignes à double voie. Le 20 octobre 1876, lors de la communication de M. H. Mathieu sur le Block-system en Angleterre, il a eu l'occasion de reparler des appareils sémaphoriques, surtout au point de vue de l'économie et des facilités de l'exploitation. La communication présente aura principalement pour objet l'application des électro-sémaphores aux lignes à voie unique.

Aussi M. Lartigue se bornera à reproduire les points principaux du programme qu'en collaboration avec M. Tesse, membre de la Société, et M. Prudhomme, constructeur à Paris, il a cherché à réaliser pour les doubles voies.

Signaux à vue, s'adressant au mécanicien, solidaires

(*) Voir *Annales*, t. III, p. 215, etc.

des indications électriques, mais néanmoins mis et maintenus à la position d'arrêt sans l'intervention de l'électricité : celle-ci peut donc faire défaut, sans que la sécurité soit compromise. Ces signaux à vue sont les ailes des sémaphores.

Impossibilité, pour l'agent qui a couvert un train par un signal d'arrêt à vue, d'effacer ce signal.

Train annoncé en avant, en même temps qu'il est couvert par le signal d'origine de la section.

Signal d'arrêt couvrant l'origne d'une section effacé directement par l'agent du poste placé à l'autre extrémité, lorsque la section est redevenue libre.

M. Lartigue explique le fonctionnement du système.

Soit une ligne à deux voies, divisée en sections par des postes sémaphoriques placés en A, B, C... N.

Au départ du train de A, l'agent le couvre par un signal d'arrêt qui fait apparaître en B un voyant annonçant l'expédition de ce train de A vers B.

A l'arrivée en B, si le train continue vers C, l'agent le couvre et l'annonce en C; puis, en faisant disparaître son voyant, il efface le signal d'arrêt en A, et rend libre la première section. L'agent de C agit de même au passage du train, et ainsi de suite jusqu'au point où s'arrête le train.

Toutes ces opérations se font par un demi-tour de la manivelle d'un appareil de manœuvre qui agit directement sur l'aile du sémaphore ou sur le voyant.

Tous ces signaux à distance sont répétés à l'agent qui les a provoqués par un accusé de réception envoyé automatiquement du poste où ils se sont produits.

On peut intercaler dans le circuit des sémaphores des mâts de signaux manœuvrés aussi par l'électricité, et destinés à fournir des indications permanentes, sur la

marche des trains, aux garde-barrières des passages à niveau.

Outre les signaux destinés à protéger et à annoncer les trains en marche, les appareils sémaphoriques sont disposés de façon à permettre aux agents des postes et aux garde-barrières l'échange, au moyen d'un vocabulaire de convention, d'indications sur les principaux incidents qui pourraient se produire. Cet échange se fait par des sonneries annexées aux appareils. On les utilise, sur la ligne de Chantilly, pour faire rentrer en communication les postes télégraphiques laissés hors du circuit.

Depuis plus de trois ans que les électro-sémaphores sont installés sur une section du réseau du Nord, leur bon fonctionnement a été constaté par une enquête officielle : il a été bien établi que les orages n'avaient jamais, comme certains ingénieurs le craignaient, changé la position des signaux à vue. Néanmoins, comme l'influence atmosphérique n'est pas impossible, M. Heurteaux, ingénieur des mines, attaché à l'exploitation du chemin de fer d'Orléans, assisté de M. Guillot, contrôleur du télégraphe de la même compagnie, a proposé une combinaison, au moyen de laquelle la force attractive de l'aimant Hughes, principal organe électrique de l'appareil, est augmentée pour maintenir les signaux à la position régulière, et qui détermine en outre le fonctionnement d'une sonnerie d'alarme aux deux stations en correspondance, aussitôt que les signaux de protection ont été indûment effacés.

Les appareils sémaphoriques, avec cette modification, vont être appliqués sur une section du réseau d'Orléans.

Sur les lignes à voie unique, les appareils destinés à protéger les trains en marche doivent non-seulement les couvrir en arrière, mais surtout les garantir d'une rencontre avec un train expédié en sens inverse. Leurs in-

dications ont donc la valeur d'un signal d'arrêt, aussi bien avant qu'en arrière.

En Angleterre, de petits appareils, dont les indications doivent être répétées par des signaux à vue non solidarisés, sont employés sur les lignes à voie unique, comme sur les lignes à deux voies, et avec plus d'inconvénients encore.

En Allemagne, en Autriche, en Italie, au Nord français, on a réparti sur la ligne de grosses sonneries à déclanchements électriques, qui font concourir à la sécurité de l'exploitation les garde-barrières des passages à niveau en leur indiquant l'expédition et le sens de la marche des trains. Cela donne donc le moyen de corriger une erreur commise par une station qui aurait expédié un train avant qu'un train marchant en sens contraire eût quitté la section.

Les indications consistent en tintements groupés d'une façon déterminée. Une série de tintements signale l'expédition d'un train dans un sens, deux séries indiquent la marche en sens contraire.

Les gardes, s'il reçoivent les signaux indiquant l'expédition de deux trains marchant l'un vers l'autre, doivent faire à la main le signal d'arrêt au premier qui se présente.

La protection des trains marchant dans le même sens est basée sur l'intervalle de temps qui sépare les passages successifs devant les postes gardés.

Rien, du reste, n'annonce, ni à la station qui a expédié le train, ni aux garde-lignes, que ce train a quitté la section.

L'exploitation, avec les sonneries dites allemandes, ne rentre donc pas dans le Block-system proprement dit.

M. Lartigue explique comment les électro-sémaphores peuvent être utilisés sur les voies uniques.

Le but du système est de rendre à peu près impossible l'expédition de deux trains en sens inverse; si, contre toute prévision, un train était indûment engagé, de donner la possibilité de l'arrêter par une série de signaux permanents et s'adressant directement aux mécaniciens; enfin de protéger les trains sur la voie unique aussi bien en arrière qu'en avant.

Les appareils de manœuvre sont les mêmes que pour les lignes à doubles voies, sauf une légère modification dans les communications électriques; mais le voyant des mâts est remplacé par une aile ayant la valeur d'un signal d'arrêt, au même titre que l'aile supérieure du sémaphore.

Les ailes supérieures des sémaphores sont normalement à la position d'arrêt, et ne sont effacées que pour permettre l'introduction d'un train sur la section. L'agent du poste ne peut effacer les ailes de son sémaphore.

Les ailes inférieures, qui remplacent les voyants des mâts des doubles voies, sont apparentes tout le temps qu'un train marche vers le poste; elles doublent donc le signal d'arrêt donné par les ailes supérieures, et de plus, au moyen d'un encliquetage mécanique, clavettent alors les ailes supérieures à la position d'arrêt, de telle sorte que, quoi qu'il arrive, celles-ci ne puissent être effacées. L'aile inférieure devient apparente sous l'action d'un courant émis par le poste correspondant.

L'apparition de l'aile inférieure détermine en outre l'envoi, vers le poste en correspondance en arrière, d'un courant qui efface l'aile supérieure de ce poste et permet l'ouverture de la section.

Soit une ligne à voie unique divisée en sections par les

stations A, B, C... N, pourvues chacune d'un poste sémaphorique.

Si A doit expédier un train vers B, il doit avant tout provoquer l'ouverture de la section en A ; pour cela, au moyen d'un commutateur, l'agent envoie vers B un courant qui détermine l'apparition de l'aile inférieure en B. Le signal d'arrêt donné par l'aile supérieure est doublé et l'aile clavetée à sa position horizontale. Un courant de retour automatique est envoyé de B en A et efface l'aile de A, ce qui permet au train d'entrer sur la section.

Après le départ, l'aile de A est remise à l'arrêt à la main, et le train circule donc couvert en arrière par cette aile et garanti en avant par les deux ailes de B clavetées l'une par l'autre.

La remise à l'arrêt de l'aile de A détermine, d'ailleurs, l'apparition en B d'un écran qui marque que le train annoncé par l'apparition de l'aile inférieure est réellement parti.

A l'arrivée en B, si le train continue, l'agent de B agit du côté de C, pour se faire ouvrir la section BC et expédier son train en le couvrant; puis il efface son aile inférieure, ce qui détermine en A l'apparition d'un écran annonçant l'arrivée du train en B, mais sans changer la position des signaux de protection.

Les choses sont ainsi disposées de telle sorte que, sans l'intervention des agents, les origines des sections sont toujours bloquées, et qu'en outre une fausse manœuvre ou un dérangement de l'appareil met ou maintient forcément à l'arrêt les signaux des stations.

L'agent d'un poste peut, en supprimant les communications, immobiliser à l'arrêt les ailes des deux postes entre lesquels il se trouve : elles fonctionneraient alors comme signaux à distance. De même, un garde-ligne

pourrait au besoin, en coupant les fils par exemple, bloquer de part et d'autre sa section, en cas d'incident inopiné y rendant la circulation dangereuse (inondation, éboulement, rupture de rail, etc.).

Malgré toutes les précautions ci-dessus détaillées, comme il n'est pas matériellement impossible qu'un train ne soit indûment engagé, si, par exemple, un mécanicien forçait le signal, il a paru bon de profiter du principe qui a présidé à l'adoption des sonneries allemandes, et de donner la possibilité d'arrêter ce train par l'intervention des agents de la voie.

Pour cela, des mâts intermédiaires sont placés près des passages à niveau, ou mieux encore, à l'origine des voies d'évitement, à l'entrée des stations.

Les bras de ces mâts, peints et éclairés comme les ailes des sémaphores, ordinairement enclanchés à l'arrêt, sont déclanchés, dans le sens de la marche, par le courant de retour, qui efface l'aile du sémaphore du poste qui a à expédier le train.

Donc, un train engagé sur la voie sans avoir été annoncé serait arrêté par une série de signaux permanents.

La production de tous les signaux visuels, soit des électro-sémaphores, soit des mâts de garde-lignes, est accompagnée d'un signal acoustique, un coup de timbre, par exemple.

On voit, par ce qui précède, que tout est combiné d'après les principes du Block-system, tels qu'ils ont été formulés par Edwin Clark, successeur de Stephenson :

« L'appareil doit être de la forme la plus simple et peu susceptible de dérangement.

« Les signaux doivent être simples, peu nombreux et assez clairs pour qu'une erreur ne puisse se produire.

« La mémoire des agents ne doit pas être en jeu, et

les signaux doivent par conséquent être permanents et non temporaires; enfin, aucun accident ne doit pouvoir être causé par le dérangement de l'appareil ou l'absence du garde; mais ces irrégularités ne doivent pouvoir occasionner qu'un retard aux trains. »

M. Mékarski exprime la pensée que les garanties données par l'organisation des postes sémaphoriques des stations sont suffisantes, et que l'intervention des garde-lignes devient très-secondaire, sinon inutile.

M. Lartigue considère cet avis comme trop absolu; il croit qu'il y a lieu de ne négliger aucun moyen pour parer à une de ces éventualités qui déjouent les prévisions, et les résultats donnés par les sonneries allemandes engagent à en conserver le principe, sauf à perfectionner ces appareils, en les transformant en signaux permanents.

M. Mathias, insistant sur l'importance du rôle des garde-lignes, croit qu'il serait nécessaire que le signal acoustique fût, non un simple coup de timbre, mais le jeu d'un carillon assez prolongé.

M. Lartigue répond que rien n'est plus facile que de réaliser ce *desideratum*, soit en employant les sonneries allemandes, là où elles existent, pour donner ce signal acoustique, en les faisant fonctionner par le déclanchement du signal à vue, soit en adaptant au mât un carillon, comme celui qui sert à annoncer l'entrée des trains dans les gares principales; le mécanisme serait remonté par le fait même de la remise à l'horizontale de l'aile du mât.

M. Mathieu fait observer qu'en Autriche, les sonneries des gardes ne servent pas uniquement à signaler l'expédition et le sens de la marche des trains, mais sont utilisées pour l'échange, entre les gardes et les stations,

d'autres signaux au moyen d'un vocabulaire de convention.

M. Mathias répond que ce dispositif nécessite l'emploi d'un courant électrique continu, qui a l'inconvénient d'être coûteux.

M. Lartigue ajoute que le système qu'il propose, loin de priver les agents du moyen de correspondance dont parle M. Mathieu, le perfectionne, au contraire.

Comme il a été dit pour la double voie, les gardes des postes intermédiaires ont la faculté d'échanger des signaux de convention par des sonneries accessoires. Les facilités sont donc les mêmes qu'avec les sonneries autrichiennes, et cette combinaison a le très-grand avantage que la correspondance accessoire a lieu au moyen d'appareils distincts de ceux qui servent à couvrir les trains et à en annoncer la marche; que par là on évite les confusions qui ne peuvent manquer de se produire en multipliant les indications données par les mêmes organes, surtout ces indications étant basées sur le nombre et le groupement de tintements, et exigeant, par conséquent, pour être comprises, une oreille exercée et une attention soutenue.

M. Mathieu demande ce qui se produirait, si l'ouverture d'une section était demandée simultanément, par deux postes en corespondance, pour deux trains marchant en sens inverse.

M. Lartigue répond qu'il serait à peu près impossible que la manœuvre nécessaire pour demander l'ouverture de la voie fût assez simultanée pour qu'un courant ne devançât pas l'autre de la fraction de seconde nécessaire à l'action électrique; mais que si, par impossible, les deux circuits étaient émis au même instant mathématique, les ailes des deux postes en correspondance se-

raient clavetées l'une et l'autre à la position horizontale, et les trains se trouveraient ainsi l'un et l'autre vis-à-vis d'un signal d'arrêt.

Il serait alors nécessaire de recourir au télégraphe, pour régler la situation selon les prescriptions réglementaires, c'est-à-dire que l'on rentrerait exceptionnellement dans les conditions des lignes non pourvues d'appareils spéciaux, où les incidents de l'exploitation donnent lieu à l'échange d'une série de dépêches obligatoires.

Pour donner encore de nouvelles garanties à la sécurité, on pourrait, aussi bien sur les doubles voies que sur les voies uniques, doubler les signaux commandant l'arrêt par un signal acoustique dépendant du premier, soit un pétard placé par la manœuvre de l'aile du sémaphore, soit le sifflet électro-automoteur appliqué au Nord.

On pourrait, en outre, selon les principes de l'*interloking-system* des Anglais, enclancher les aiguilles de changement de voies par les signaux, et réciproquement.

La puissance de l'aimant Hughes et la solidité de toutes les pièces des appareils électro-sémaphoriques permettent de réaliser directement toutes ces combinaisons.

Deux circulaires ministérielles du 25 mars 1876 et du 31 janvier 1877 ont signalé les électro-sémaphores à l'attention des compagnies de chemins de fer.

(*Annales industrielles.*)

II. APPAREIL DE CONTRÔLE DU FONCTIONNEMENT DES AIGUILLES DE CHANGEMENT DE VOIE MANŒUVRÉES A DISTANCE (*).

M. Henri Lartigue a présenté, à l'une des dernières séances de la Société des ingénieurs civils, un appareil de contrôle du fonctionnement des aiguilles de changement de voies manœuvrées à distance.

Il y a de plus en plus, chez les ingénieurs de chemins de fer, tendance à grouper les leviers des aiguilles et à les enclancher les uns par les autres, afin de diminuer les chances de fausses manœuvres. Les aiguilles sont donc souvent éloignées de l'agent qui les fait fonctionner et soustraites à sa surveillance immédiate. Cependant il est fort important qu'il sache si les lames ont bien obéi à l'action du levier et si l'application sur le contre-rail est complète, car un écart de quelques millimètres suffirait parfois pour causer un déraillement.

Or, quelle que soit la perfection apportée dans l'établissement des transmissions lorsqu'elles dépassent une certaine longueur, l'élasticité et les flexions des tiges peuvent faire que, le levier étant à sa position normale, la lame de l'aiguille ayant rencontré un obstacle ou éprouvé une résistance quelconque, ne s'applique pas sur le contre-rail et que l'aiguille reste béante.

Sur l'invitation qui lui en a été faite, M. Lartigue a étudié un système de contrôle qui est devenu réglementaire au chemin de fer du Nord pour toutes les aiguilles éloignées de plus de 50 mètres de leurs manœuvres, et qui est même appliqué, dans certains cas, pour des distances bien inférieures; quatre-vingts appareils ont été

(*) Voir *Annales*, t. IV, p. 18.

montés depuis 18 mois. Plusieurs autres fonctionnent aussi, depuis le mois d'août 1875, sur le chemin de fer de ceinture, à Bercy.

Le système est basé sur l'emploi d'un commutateur à mercure qui peut avoir de nombreuses applications. Il est formé d'une boîte en ébonite étanche et exactement vernie à la gomme laque à l'intérieur. Des tiges de platine pénètrent dans la boîte, et leur position relative est déterminée selon l'usage à faire de l'appareil; la boîte renferme du mercure pur et bien sec. La communication électrique est établie ou interrompue entre les tiges de platine selon que le mercure les baigne à la fois ou laisse l'une d'elles découverte, par conséquent selon la position de la boîte. Celle-ci est divisée en deux loges par une cloison percée d'un petit orifice inférieur : le mercure ne peut passer d'une loge dans l'autre qu'en filet mince, ce qui, dans l'application de ce commutateur au contrôle des aiguilles, n'a d'autre utilité que de prolonger la durée des communications électriques pendant un instant, même lorsque l'appareil est brusquement déplacé.

Des cordons métalliques souples, protégés par un corps isolant, établissent la relation des contacts intérieurs du commutateur et des autres pièces du système.

Le contrôleur d'aiguilles est ainsi disposé :

Au côté extérieur du contre-rail, vis-à-vis l'extrémité de chacune des lames mobiles de l'aiguille, est fixée une plaque sur laquelle est articulée une bascule munie d'une tringle qui traverse l'âme et fait une légère saillie. Lorsque la lame d'aiguille est exactement appliquée sur le contre-rail, la tringle est repoussée et la bascule est maintenue dans une position inclinée; elle redevient horizontale lorsque la lame est écartée.

Dans la position régulière des aiguilles, où l'une des

lames est appliquée sur le contre-rail et l'autre écartée, une des bascules est inclinée et l'autre horizontale. Dans le passage d'une des positions à l'autre, les deux lames étant à la fois écartées, les deux bascules sont horizontales.

Le commutateur à mercure est fixé sur la bascule, et une boîte en métal abrite ces pièces.

Une sonnerie trembleuse et une pile sont placées près des leviers de manœuvre.

Les communications électriques, entre les diverses parties du système, sont établies de telle sorte qu'à chaque manœuvre de l'aiguille, pendant que les deux lames sont écartées à la fois de leurs contre-rails, la sonnerie se fait entendre. Elle cesse presque aussitôt de fonctionner si l'aiguille a été mise à une position régulière, c'est-à-dire si l'une de ces lames est très-exactement appliquée sur son contre-rail; la sonnerie marcherait, au contraire, sans interruption si, par une raison quelconque, les deux lames restaient à la fois écartées des rails. Dans ce dernier cas, la manœuvre devrait être recommencée, ou bien l'aiguilleur aurait à rechercher la cause du mauvais fonctionnement. La position du levier indique d'ailleurs dans quel sens l'aiguille est placée.

Si la sonnerie ne fonctionne pas pendant la manœuvre, l'aiguilleur sera averti que le système électrique n'est pas en bon état, et qu'il doit, par conséquent, constater d'une autre façon la position régulière des lames de l'aiguille.

Une seule pile et une seule sonnerie sont nécessaires pour chaque groupe d'aiguilles : plusieurs aiguilles ne pouvant être manœuvrées simultanément, le contrôle s'applique, sans aucun doute possible, à celle qui est mise en mouvement.

Si, en dehors de toute manœuvre, la sonnerie se mettait à fonctionner, l'aiguilleur serait averti que l'une de ses aiguilles est indûment déplacée, et il devrait en rechercher la cause.

Le réglage de l'appareil se fait au moyen d'un écrou mobile sur la broche qui traverse l'âme du contre-rail et sur lequel appuie la lame de l'aiguille.

On peut par là arriver à constater l'écartement de l'aiguille à moins d'un millimètre près, et comme d'ailleurs à chaque manœuvre l'état du système électrique se contrôle, cet appareil offre toutes les garanties de sécurité.

Les contrôleurs sont disposés de façon que l'humidité du sol, la neige, etc., ne nuisent en rien à leur bon fonctionnement.

(*Annales industrielles.*)

III. Nouvelle application de l'électricité a la manœuvre des freins continus dans les trains en marche (*).

M. Banderali a donné communication, dans la séance dn 18 mai de la Société des ingénieurs civils, d'un très-intéressante note sur une nouvelle application de l'électricité à la manœuvre des freins continus dans les trains en marche.

Les freins continus, c'est-à-dire les freins appliqués à tous les véhicules ou à une série de véhicules d'un train, et pouvant être actionnés à la fois par une seule manœuvre, présentent de tels avantages que, dans un avenir plus ou moins prochain, leur application, déjà étendue, paraît devoir s'imposer d'une manière absolue dans l'exploitation des chemins de fer.

(*) Voir *Annales*, t. IV, p. 186.

Pour les mécaniciens, la certitude d'avoir à leur disposition un moyen d'arrêt prompt, sûr et énergique, est un élément de sécurité des plus appréciés. La vitesse toujours croissante des trains express, leur charge, que les exigences du trafic tendent à augmenter chaque jour, les arrêts fréquents des trains locaux, rendront bientôt nécessaire le choix d'un frein continu, remplissant le plus complétement possible les conditions désirables de simplicité, d'économie et d'efficacité.

Sans entrer dans la comparaison des systèmes de cette nature essayés jusqu'à ce jour, nous devons dire que les freins qui ont paru répondre le mieux aux besoins d'une exploitation importante doivent pouvoir être appliqués par une manœuvre initiale facile et n'exigeant qu'un faible effort. Sont dans ce cas : les freins fondés sur le principe de la raréfaction ou de la compression de l'air, comme les freins Smith et Westinghouse, les freins hydrauliques, les freins électriques, et même certains freins mécaniques mis en action par le déclanchement d'un contre-poids.

La compagnie du chemin de fer du Nord a choisi, parmi les divers systèmes de cette espèce, deux freins qu'elle essaye depuis plus d'une année. L'un est le frein électrique de M. Achard, perfectionné dans ces derniers temps; l'autre, un frein pneumatique, dont le principe avait été déjà appliqué en 1860 par MM. du Tremblay et Martin, ingénieurs français, et qui a été combiné de nouveau et modifié dans les détails de construction et de montage par M. Smith, ingénieur-mécanicien.

Ces deux systèmes présentent tous deux cet avantage d'une manœuvre très-facile.

Le premier est mis en action par la manœuvre d'un commutateur électrique à bouton ou à manette; le se-

cond, par l'ouverture d'un robinet ou d'une valve à vapeur.

Dans le système électrique, le commutateur, organe du serrage, peut-être placé où l'on voudra dans le train ; il peut y avoir plusieurs commutateurs dont un sur la machine. Dans le système pneumatique, la valve motrice est sur la machine, à la main du mécanicien.

Dans le frein Achard, le commutateur manœuvré envoie dans un circuit général un courant qui embraye électriquement les appareils de serrage placés sous chaque véhicule, les met en action jusqu'à enrayage complet des roues.

Dans le système Smith, la valve motrice livre passage à la vapeur de la chaudière, vers un injecteur à double tuyère qui, par un effet d'aspiration puissant, fait le vide (*vacuum*) dans une conduite générale parcourant tout le train, et dans l'intérieur de sacs compressibles branchés sur cette conduite; le fond mobile du sac (chaque véhicule est muni d'un sac), en se déplaçant sous la pression de l'atmosphère, tire doucement le levier de l'arbre du frein et applique, avec un effort progressif, les sabots ordinaires sur les roues.

Pour serrer les freins, il suffit donc de presser le bouton ou de déplacer la manette du commutateur électrique, dans un cas; dans l'autre, d'ouvrir la valve ou le robinet à vapeur, qui commande la manœuvre; il n'y a là, pour le mécanicien, que de très-faibles efforts à vaincre. Il a paru intéressant de profiter de la grande docilité d'application de l'organe moteur pour en provoquer le jeu par un effet automatique et indépendant de l'intervention du mécanicien.

L'appareil intermédiaire qui a servi à réaliser immédiatement la pensée que je viens d'exprimer, appareil

dont nous avons utilisé le mouvement ingénieux, est le sifflet électro-automoteur du système Lartigue, Forest et Digney, déjà appliqué sur les locomotives du chemin de fer du Nord depuis plus de trois ans. Je résume ici le principe de cet appareil.

Un sifflet placé sur la locomotive et destiné à frapper l'oreille du mécanicien est actionné par le passage du courant à travers un électro-aimant Hughes; il avise le mécanicien qu'un disque d'arrêt, dont il s'approche, est à *la position* du danger; c'est en se tournant à cette position seulement que ce disque, faisant office de commutateur, envoie dans un contact fixe, placé sur la voie, un courant électrique, qui n'attend, pour être recueilli et transmis à l'électro-aimant Hughes, que le frottement d'une brosse métallique portée par la machine et reliée à l'électro-aimant du sifflet par un fil.

Le mécanisme qui ouvre le sifflet est donc actionné réellement par le *disque lui-même* à l'arrêt; on comprend que l'intermédiaire du disque n'est pas absolument nécessaire, et que le chef de la station ou le gardien du point à couvrir pourrait envoyer directement le courant électrique dans le *contact fixe* placé sur la voie, et ouvrir lui-même le sifflet automoteur sur la machine, et cela à toute distance; de même, si, utilisant l'intercommunication électrique du système Prud'homme, qui existe dans les trains du chemin de fer du Nord, nous envoyons par un commutateur placé dans le train un courant de sens convenable au sifflet sur la locomotive, nous l'actionnerons et nous posséderons encore un moyen de produire un *mouvement* sur la machine, indépendamment de l'intervention du mécanicien, et, pour ainsi dire, à son insu. En un mot, tout courant électrique pouvant parvenir au sifflet l'actionnera, quelle que soit son origine.

Or, nous avons appliqué ce *mouvement*, qui ouvre déjà le sifflet, au déclanchement de la manette du commutateur électrique, commandant le frein Achard, dans un cas; dans l'autre, au déclanchement de la queue de la valve équilibrée, commandant tout le frein pneumatique Smith.

Aussitôt le déclanchement du commutateur de la valve opéré, les freins agissent; le train ralentit et s'arrête, quand même le mécanicien ne fermerait pas son régulateur. *Pour desserrer les freins*, nous avons pensé qu'il était avantageux et simple de rendre nécessaire l'intervention de la main du mécanicien ou de tout autre agent, à son défaut. Il n'est pas inutile de noter qu'avec de tels moyens, l'arrêt d'un train, lancé à la vitesse de 80 kilomètres à l'heure, peut, *dans les conditions les plus désavantageuses*, s'opérer en moins de 450 mètres et de 30 secondes.

Les conséquences de cette application nouvelle sont faciles à déduire.

Un disque à l'arrêt arrête effectivement et directement tout train survenant.

De l'intérieur des véhicules des trains, on pourrait, à la rigueur appliquer les freins à l'insu du mécanicien, et, pour ainsi dire, malgré lui; cette faculté d'une utilité plus ou moins discutable suivant les habitudes d'exploitation et les pays, quand il s'agit d'en armer les voyageurs, est de toute nécessité entre les mains des agents du train.

Une rupture d'attelage applique immédiatement les freins de la tête du train, et l'empêche de s'éloigner de la queue, au point de rendre la rencontre des deux portions dangereuse.

En dehors de ces résultats, dès aujourd'hui réalisés,

il est permis d'entrevoir des applications nouvelles du système, mais d'une réalisation moins facile. On comprend, par exemple, que tout point dangereux puisse être efficacement couvert; que, par une application plus étendue des contacts fixes placés sur la voie, on pourrait faire en sorte qu'un train en marche se protégeât effectivement lui-même, *en appliquant directement les freins d'un train survenant en arrière*, et s'engageant sur une section déjà occupée par le premier train ; ce serait là un *Block-system* absolument effectif et à l'abri de toutes les chances de fausse interprétation, si redoutables en matière de signaux. Dois-je ajouter, me rappelant un récent et terrible accident, que, sur une ligne à voie unique, munie de contacts fixes suffisamment rapprochés, chacun des chefs de deux stations, entre lesquelles des trains armés du système que je viens de décrire se seraient engagés en sens contraire, pourrait une fois l'erreur reconnue, les arrêter sûrement tous les deux, et prévenir une rencontre fatale ?

Il m'a paru intéressant de réunir dans une courte notice les considérations qui précèdent et qui résument assez complétement toutes les applications de l'électricité que le service du matériel et de la traction du chemin de fer du Nord, sous la direction de M. Édouard Delebecque, et avec l'autorisation du conseil d'administration de la compagnie, a cru pouvoir essayer, perfectionner et s'approprier avec avantage.

Il est important de remarquer que toutes ces applications nouvelles ne sont que des mesures de sécurité supplémentaires, additionnelles, mais non pas superflues. Elles n'enlèvent en aucune façon, aux signaux ordinaires, leur importance et leur signification stricte ; elles n'entravent pas l'action des freins existants ; enfin,

elles ne déchargent les agents d'aucune part de leur responsabilité personnelle; mais, jointes aux perfectionnements récents des signaux fixes, elles ont pour objet de rendre la sécurité des trains en marche aussi indépendante que possible des défaillances inévitables du personnel.

(*Annales industrielles.*)

CHRONIQUE.

Le Téléphone en France.

Le téléphone de Bell a fait son apparition en France à l'Académie des sciences le 29 octobre et à la Société de physique le 2 novembre. M. Bréguet l'a présenté à l'Académie dans les termes suivants :

« Il y a déjà plusieurs mois, nous apprenions qu'il existait en Amérique un instrument permettant d'entendre la voix humaine à de grandes distances. Nous n'accueillions ces récits merveilleux qu'avec une certaine incrédulité, et il ne fallait rien moins que l'immense autorité de sir William Thomson, qui avait assisté aux expériences du téléphone, pour nous inspirer confiance quant à leurs résultats.

Aujourd'hui, j'ai l'honneur de présenter à l'Académie, non un récit, mais l'appareil même du professeur Bell, que celui-ci m'a obligeamment prêté, et les derniers doutes seront levés lorsque chacun pourra entendre et parler à travers un fil télégraphique.

L'extrême simplicité du téléphone ajoute encore à l'étonnement profond que cet appareil inspire; et je puis affirmer que, de tous les télégraphes connus, c'est celui qui fonctionne sous l'influence des courants les plus faibles.

La voix de la personne qui parle met en vibration une petite plaque circulaire en tôle mince ; cette plaque, vibrant en présence du pôle d'un barreau aimanté, change la distribution magnétique du barreau à chacun de ces mouvements, et, comme une petite bobine de fil fin entoure l'extrémité de l'aimant, des courants induits d'intensité correspondant à l'amplitude des vibrations prennent naissance dans ce fil.

Ces courants sont reçus dans la bobine d'un appareil identique à celui que je viens de décrire. Ils produisent dès lors des variations magnétiques correspondantes dans son barreau

aimanté, et par conséquent des vibrations dans la plaque de tôle située au-dessus de l'aimant.

Ces vibrations, reçues par l'oreille, se traduisent en sons identiques par leur nature à ceux qui sont émis dans le premier téléphone. On peut comprendre ainsi à des distances considérables ce que dit une personne, et même reconnaître la voix de cette personne. J'ai pu nettement entendre des phrases dites avec le téléphone, en intercalant dans le circuit une résistance qui correspondait à 1.000 kilomètres de fil télégraphique ordinaire.

Un téléphone démonté, et remonté ensuite sans aucun soin particulier, n'a pas accusé de différence dans son fonctionnement, ce qui montre que l'appareil est peu délicat, puisqu'il n'exige, pour ainsi dire, aucun réglage pour émettre ou recevoir distinctement toute espèce de son. »

Télégraphe hydrostatique.

De M. Gros, employé à Rodez.

Un journal de Rodez rend compte dans les termes suivants de la présentation de cet appareil à la Société des sciences, lettres et arts de l'Aveyron :

« M. Vital, ingénieur des mines, appelle l'attention de la Société sur le télégraphe hydrostatique inventé par M. Gros, employé des lignes télégraphiques à Rodez, et fait connaître en détail le principe et le fonctionnement de cet appareil.

« L'exposé, développé sur ce sujet par M. Vital, peut être résumé dans des termes suivants :

« Le télégraphe hydrostatique a pour but de signaler et d'enregistrer automatiquement au moyen de l'électricité, en un point muni d'une station télégraphique reliée au réseau général du pays, les variations de toute nature survenues dans la hauteur du niveau d'une masse d'eau en un point dépourvu de tout poste spécial d'observation. A ce titre il est appelé à fournir aux études météorologiques des renseignements utiles,

et, en temps d'inondation, il permettra aux pays de plaine d'éviter toute désastreuse surprise.

« L'appareil se compose de trois parties : au bord de l'eau, le propulseur ; au bureau d'observation, le récepteur ; entre les deux, un fil télégraphique unique.

« Le propulseur a pour objet de lancer dans le fil de ligne, pour une dénivellation d'amplitude déterminée survenue dans le niveau des eaux, un courant de très-courte durée, positif en cas de crue, négatif en cas de baisse.

» Le récepteur a pour but de faire mouvoir sous l'influence des courants lancés par le propulseur une aiguille placée devant un cadran convenablement gradué.

« Le mouvement de l'aiguille a lieu vers la droite si le courant est positif, vers la gauche dans le cas contraire, et l'appareil indique ainsi à chaque instant la hauteur exacte des eaux.

« Trois organes élémentaires servent de base pour la construction du récepteur : un engrenage à roue menante non réciproque commandant l'aiguille, l'appareil télégraphique connu sous le nom de *rochet à saccades*, et un double électro-aimant à polarisation variable.

« Par une transformation simple du mouvement imprimé à l'axe de l'aiguille, les observations journalières peuvent être automatiquement enregistrées, et l'appareil fournit la courbe mathématique du phénomène.

« En cas de crue subite et torrentielle, une sonnerie électrique est mise en jeu et donne l'alarme.

« L'appareil de M. Gros se fait remarquer par la combinaison ingénieuse des principes les plus délicats de la télégraphie.

« Au point de vue théorique, son fonctionnement ne soulève aucune observation. M. Bréguet et d'autres grands constructeurs lui ont donné leur approbation, et à ces divers titres la possibilité de son application paraît aussi démontrée que peut le comporter toute question relative à une invention nouvelle.

« Cet appareil est appelé à rendre au pays des services signalés, et son inventeur mérite à tous égards l'appui moral de la Société.

« A la suite de cet exposé, l'assemblée décide à l'unanimité

que la Société formera en temps utile, auprès du conseil général de l'Aveyron, le vœu de voir le département subvenir aux dépenses nécessaires pour construire un premier spécimen du télégraphe hydrostatique. »

Nous donnerons prochainement une description détaillée de 'appareil de M. Gros.

Résistance d'un conducteur télégraphique

traversé par un courant étranger de force et de direction constantes (*).

Dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences* du 13 août 1877, M. du Moncel rappelle que, dans un mémoire publié par lui en 1876, il a établi qu'en appelant R et R' les valeurs différentes obtenues quand on mesure par le galvanomètre différentiel, avec une pile positive et négative, la résistance d'un conducteur traversé par un courant étranger, on a souvent une approximation suffisante de la vraie valeur par la formule $x = \frac{2RR'}{R + R'}$ (**).

Ce résultat est bien connu de tous ceux qui ont eu à mesurer des résistances de lignes en faisant mettre une des extrémités du circuit à la terre. Toutefois, M. du Moncel ayant fait insérer dans le *Telegraphic Journal* du 15 octobre 1876, une réclamation de priorité à propos d'une démonstration de la même formule indiquée par M. Jacob dans le numéro précédent de ce journal, je ferai remarquer que j'ai traité complétement ce sujet dans les *Annales télégraphiques*, livraison de septembre-octobre 1875.

Ma note commençait ainsi : « M. Schwendler a donné la formule qui permet de résoudre cette question quand on fait usage de la méthode du pont de Wheatstone. Mais, comme on

(*) Voir *Annales*, t. II, p. 466.

(**) Formule qui peut se réduire à $\frac{R + R'}{2}$, quand $\frac{(R - R')^2}{2(R + R')}$ est une quantité négligeable. J. R.

est souvent forcé de déterminer cette résistance par la méthode de substitution, je crois devoir publier les formules applicables à cette dernière méthode, et que j'avais cherchées en 1869 pour mon usage personnel. »

LAGARDE.

Construction des électro-aimants.

La livraison du *Philosophical Magazine* du mois d'octobre 1877 contient une note de M. R. S. Brough, lue le 6 avril à la Société asiatique du Bengale, « sur le diamètre du fil qu'il convient d'employer dans un électro-aimant pour produire le maximum d'effet magnétique ».

« En 1866, dit M. Brough, M. Schwendler recherchait quelle était la résistance la plus convenable à donner au galvanomètre employé dans les essais par le pont de Wheatstone, question laissée jusque-là dans une complète obscurité, quelques physiciens prétendant que, puisque dans le voisinage de l'équilibre le courant qui traverse le galvanomètre tend à devenir infiniment petit, le nombre de tours, et par suite la résistance du galvanomètre, peut être indéfiniment grand.

« On remarquera que le comte du Moncel, dans une communication à l'Académie des sciences, a injustement critiqué la manière dont M. Schwendler traite la question des électro-aimants. Ce dernier suppose que les dimensions des bobines sont données, qu'elles sont fixes et invariables : tandis que M. du Moncel suppose qu'on fait varier l'épaisseur de la bobine et prétend qu'il obtient un effet magnétique plus considérable que celui qui est indiqué par M. Schwendler.

« La détermination du diamètre du fil qui convient le mieux à une bobine donnée, et celle des meilleures dimensions et formes de bobines à employer dans un cas donné, sont deux questions totalement distinctes, etc. »

L'auteur rappelle que M. Schwendler s'est occupé de l'influence de la couverture isolante du fil. Il a attaqué le problème au point de vue de la résistance de la bobine, ce qui

conduit à une équation du quatrième degré assez compliquée; il eût mieux fait de prendre pour objectif le diamètre du fil, qui conduit à cette relation simple : la résistance de la bobine doit être à la résistance extérieure comme le diamètre du fil nu est au diamètre du fil recouvert.

Nous avons traité ici, cette même année (*Annales*, livraison de mai-juin 1877, p. 208, etc.), cette question posée et résolue par M. Clerk Maxwell, dans le second volume de son ouvrage, « Électricité et Magnétisme », p. 321 (1873), avant M. Weber (*Ann. de Poggendorf*, t. CLIV, p. 239, 1875) et M. Brough.

On trouvera à la page 213 une observation identique à celle de l'auteur au sujet de l'avantage qu'il y a à prendre pour inconnu le diamètre du fil, observation déjà faite d'ailleurs par M. Winter (*Philosophical Magazine*, février 1870).

Les remarques de M. Brough au sujet de la communication de M. du Moncel, en date du 10 février 1873, sont identiques à celles déjà faites par M. O. Heaviside (*Telegraphic Journal* du 15 avril 1873) et par nous (*Comptes rendus* du 21 avril 1873).

Les indications que peut donner le calcul, en ce qui concerne la construction des électro-aimants, ne sont pas nombreuses et ne doivent être suivies qu'avec circonspection, à cause d'un certain nombre d'éléments importants dont il ne peut tenir compte, la durée d'émission et les phénomènes de rémanence ou d'extra-courant par exemple. Nous essayerons ultérieurement d'établir d'abord la portée de ces indications et les tempéraments introduits par la pratique. Puis nous pourrons analyser les nombreux mémoires publiés depuis 1869 sur ce sujet par M. du Moncel. Mais, afin de dégager tout d'abord notre personnalité, nous croyons devoir reproduire ci-après une lettre que nous avons adressée à M. l'abbé Moigno, directeur du journal *les Mondes*, et qui n'a pas été insérée dans ce journal.

« Dans la chronique de l'Académie des sciences, publiée « dans le numéro des *Mondes* du 5 septembre, p. 39 et 40, je « lis ce qui suit :

« M. Raynaud maintient qu'il a sur M. du Moncel la priorité « de la découverte des conditions d'indication maximum « d'effet des galvanomètres. M. du Moncel persiste à croire que « cette réclamation n'est pas fondée.

« Je proteste contre l'intention que me prête votre collabo-
« rateur. *Je n'ai jamais eu aucune prétention à la découverte
« de quoi que ce soit concernant les conditions du maximum
« d'effet des galvanomètres et des électro-aimants.* Il m'a paru
« seulement que dans les mémoires publiés à ce sujet par
« M. du Moncel, il y avait un certain nombre d'erreurs évi-
« dentes pour tous ceux qui connaissent la question et qui se
« sont donné la peine de refaire les calculs de l'honorable
« comte. Je me suis borné à en relever *quelques-unes*. Je ne
« serais pas revenu sur cette question qui, dans les termes
« où elle a été posée, me semble épuisée, si M. du Moncel
« n'avait récemment contesté l'*opportunité*, sinon le bien
« fondé de mes observations antérieures.

« Ma dernière note à l'Académie déclare que je maintiens
« absolument l'exactitude de mes assertions. »

J. Raynaud.

Capacité électrostatique du verre,

Par J. Hopkinson.

Les instruments qui ont servi aux expériences sont : 1° un condensateur à anneau de garde dans lequel on pouvait faire varier et mesurer la distance des plaques; 2° un condensateur gradué à curseur que l'on pouvait régler de telle sorte que sa capacité fût égale à celle du premier; 3° un électromètre à cadran faisant l'office d'électroscope, et 4° une pile de 72 éléments Daniell.

On a opéré comme il suit : Le milieu de la pile a été relié à la plaque inférieure du condensateur à anneau de garde et à la cage de l'électromètre; on a chargé l'un des condensateurs avec l'un des pôles de la pile, et l'autre avec le pôle opposé; après les avoir isolés tous deux, on a additionné leurs charges, puis on les a mis en communication avec le cadran de l'électromètre. Les condensateurs sont égaux si l'électromètre n'est pas dévié.

Deux expériences sont nécessaires dans chaque cas :

1° La plaque de verre est introduite dans le condensateur à anneau de garde, et l'on fait varier le condensateur à curseur jusqu'à ce qu'il soit égal au premier.

2° On retire la plaque de verre et l'on règle le condensateur à anneau de garde de manière à le rendre égal au condensateur à curseur.

Les deux lectures de la vis qui sert à mesurer la distance des plaques dans le condensateur à anneau de garde donnent la capacité spécifique inductive du verre.

On a examiné successivement quatre spécimens de cristal et on a obtenu les résultats suivants :

	DENSITÉ.	CAPACITÉ électro-statique.	RAPPORT.	INDICE de refraction pour la ligne D.
Flint léger.........	3,2	6,85	2,14	1,574
Double flint extra-dense.	4,5	10,1	2,25	1,710
Flint dense........	3,66	7,4	2,02	1,622
Flint très-léger......	2,87	6,57	2,09	1,541

Deux échantillons du premier de ces verres, provenant de différentes fusions faites à des époques différentes, ont été examinés et ont donné le même résultat. On remarquera que ces déterminations ne confirment pas la conclusion du professeur Maxwell, que le carré de l'indice de réfraction pour de longues ondulations est égal au produit de la capacité électrostatique multipliée par la perméabilité magnétique. Le quotient de la capacité électrostatique divisée par la densité varie, pour ces verres ainsi que pour la paraffine solide, entre 2,0 et 2,3.

(Telegraphic Journal.)

La Western Union Telegraph Company
aux États-Unis

Le rapport annuel du président Orton, en date du 10 octobre 1877, fournit les renseignements suivants :

Au 30 janvier 1877, l'exploitation comprend 76.955 milles de lignes, 183.832 de fil et 7.500 bureaux.

On emploie sur les lignes de la compagnie 10.306 séries d'instruments pour la lecture au son, 9 imprimeurs, 1.639 enregistreurs, 220 relais, 183 duplex, 113 quadruplex, 98.558 éléments pour les piles de lignes, 21.996 pour les piles locales.

Le nombre de messages durant l'année (en réduisant à 30 mots le message moyen) a été de 21.158.941.

Éburine, ivoire et bois durci moulés.

Par M. Latry.

(Rapport de MM. Cloëz et Davanne à la Société d'encouragement.)

Le bois durci est tiré d'une poudre sèche de bois dur mélangée d'albumine ou de sang de bœuf, qui est soumise dans des moules en métal à une pression considérable et, en même temps, à une température déterminée produisant un ramollissement pâteux de la masse, par lequel elle se moule exactement dans la matrice qui la contient. M. Latry a cherché à varier sa fabrication en la faisant sortir de la couleur d'un beau noir que ses bois durcis ont constamment. Pour obtenir des couleurs diverses, il opère sur la poudre provenant des déchets d'ivoire et d'os. Ces poudres, traitées par un procédé analogue à celui qui a été décrit ci-dessus, donnent une matière très-dure, très-compacte, d'une couleur fauve clair, et elle peut prendre, par le mélange de matières colorantes appropriées, les couleurs rouge antique, bleu, vert, bois et autres analogues, qui, bien combinées, produisent des effets remarquables.

La fabrication de cette matière, l'éburine, se joint très-bien à celle du bois durci, qu'on obtient à la même température, et M. Latry a déposé sur le bureau des coupes, médaillons et autres pièces en bois durci dans lesquelles certaines parties sont en éburine, parce que ces parties du moule ont été remplies avec la poudre d'ivoire colorée, avant que le remplissage fût complété avec la poudre de bois noir. Les effets obtenus ainsi sont très-remarquables, et ils ne pourraient pas être réalisés autrement, parce que cette éburine a une dureté telle qu'on doit renoncer à la tourner, la limer, y percer des trous ou y tailler des pas de vis. Cette dureté remarquable, qui peut être utile dans certains cas, présentait dans d'autres circonstances des inconvénients réels. M. Latry a continué ses études depuis l'époque à laquelle il a fait sa première communication à la Société, et il est parvenu, en variant les mélanges, à produire des matières semblables, mais moins dures, soit moulées directement, soit en masses, qui pussent être aisément travaillées, sculptées ou tournées. Plusieurs pièces de l'exposition actuelle ont toutes ces qualités, en y joignant le beau poli, le poids et la richesse de couleurs qui distinguaient les premiers objets fabriqués en éburine dure.

« Le bois durci, dit M. du Moncel, et sans doute aussi l'éburine, possède une propriété importante qu'on n'a pas signalée jusqu'ici, et que l'ébonite, ou caoutchouc vulcanisé dur, possède aussi, c'est de ne pas être conducteur de l'électricité. Cette propriété le rend très-apte à remplacer pour les instruments télégraphiques et pour les appareils électriques diverses matières généralement employées comme isolateurs, telles que le verre ou la porcelaine, dont la fragilité a des inconvénients, et l'ébonite, dont la composition sulfurée peut altérer à la longue des surfaces métalliques en contact avec elle. »

(*Les Mondes.*)

Procédé de conservation des bois.

(*Système John Blythe.*)

Communication faite par M. Leroide à la Société des ingénieurs civils
(séance du 6 juillet).

Chaque année il devient plus difficile d'approvisionner les compagnies de chemins de fer et l'industrie de bois de traverses et de bois de constructions. Il faut subvenir à un minimum d'au moins 1.500.000 traverses pour l'entretien des voies sur les chemins français; et ce chiffre grandira considérablement avec l'âge des voies et le développement des réseaux. Tout procédé de conservation des bois destiné à prolonger leur existence et à améliorer leurs qualités mérite donc d'être signalé à l'attention des ingénieurs afin de les engager à en examiner la valeur et à en essayer l'emploi.

Le procédé de M. Blythe est nommé thermo-carbonisation, parce que la chaleur développant des vapeurs d'eau carburées produit la préparation des bois qui se saturent d'acide phénique par le moyen de l'élévation de la température et de la pression qui correspond à celle-ci.

M. Blythe a fait un très-grand nombre de préparations de bois par les procédés du sulfate de cuivre et de la créosote à ses chantiers de Bordeaux et de Creil, dans plusieurs grandes compagnies françaises, en Belgique et actuellement dans un chantier d'exploitation de son procédé, à Vienne (Autriche). Tout le réseau Nord-Ouest autrichien emploie les traverses de chêne préparées avec 3 kilogr. de créosote.

Dans les diverses préparations au sulfate de cuivre les plus en usage, tant sur les bois frais abattus (procédé Boucherie), que par les procédés en vase clos, dans lesquels le sulfate est introduit après vide, par pression sur des traverses asséchées, le sulfate se substitue à la sève dans le premier cas, et s'unit à la partie albumineuse de celle-ci, dans les autres.

L'aubier seul se trouve injecté, souvent en excès; et, dans certains cas particuliers, tranchées calcaires, parties humides, l'oxyde de fer des rails ou coussinets agit sur la traverse et la détruit très-rapidement et surtout aux points d'attache.

Les compagnies de l'Ouest, de l'Est, de Paris-Lyon-Méditer-

ranée, n'emploient plus les préparations au sulfate de cuivre; elles sont restées en usage aux compagnies d'Orléans et du Midi pour les traverses de pins des Landes et du Nord.

La carbonisation superficielle des traverses, qui les fendait et détruisait la surface du bois, pratiquée à la compagnie d'Orléans, vient d'être abandonnée comme défectueuse.

Les préparations à la créosote qui ont, à part des cas bien particuliers, donné les meilleurs résultats, n'ont été reconnues efficaces qu'autant que l'injection de la matière antiseptique a été complète, ce qui nécessite l'emploi de 20 à 25 kilogr. d'huile lourde et la dessiccation des traverses pendant sept à huit mois, ou bien l'étuvage.

Ce procédé long et coûteux est appliqué en France sur les traverses de hêtre, par les compagnies de l'Ouest, de l'Est, de Lyon; en Europe, pour les demi-rondes pin et sapin, et pour l'aubier de chêne.

Ainsi, on emploie donc 25 kilogr. d'une matière volatile et contenant 5 à 10 p. 100 d'acide phénique (antiseptique puissant), quand on n'emploie que 500 grammes de sulfate de cuivre ne contenant pas plus de 100 grammes de cuivre pour le même objet; mais on peut disséminer facilement le cuivre dans les pores d'une traverse, et cette opération exige de grandes quantités d'huile lourde actuellement.

La vapeur de la créosote ne se développant qu'à 300 degrés, son emploi devenait impossible.

En 1870, M. Blythe a pensé à disséminer la créosote réchauffée dans un jet de vapeur à 4 ou 6 kilogrammes de tension, venant barboter à la surface inférieure de celle-ci, et à saturer de cette vapeur carburée les bois en vase clos.

Il a pénétré complétement les cœurs de chênes, de pins des Landes, de hêtres rouges, et a pu faire cette pénétration, jusque-là impossible, avec des huiles lourdes, du coaltar, des goudrons végétaux, de l'acide phénique du commerce.

Il emploie plus généralement 2 à 3 kilogr. de créosote par grande traverse, et 2 kilogr. d'acide phénique brun par mètre cube de bois de choix ou de traverses, mélangés avec 150 litres d'eau environ par mètre. La réussite de l'opération dépend toujours de la juste proportion d'acide phénique.

L'appareil ordinaire servant à préparer les traverses se dé-

monte et se transporte facilement dans les chantiers d'approvisionnement; il se compose de :

Un chaudière à haute pression, sur roues, de 15 à 20 chevaux, donnant, par une seule prise, de la vapeur à 6 kilogr.;

Une petite chaudière horizontale, sur roues, avec foyer ordinaire, contenant la créosote et l'eau, nommée bouilleur;

Une cuve contenant la créosote à envoyer, suivant besoin, dans le bouilleur, avec une pompe;

Trois cylindres en tôle, nommés fours, contenant le bois à préparer, surmontés de dômes avec soupapes de sûreté, ayant une enveloppe en tôle, et pouvant résister à la pression de 6 kilogr. Ils sont mis en communication avec deux longs cylindres inférieurs, qui leur sont perpendiculaires, d'un moindre diamètre, résistant à 3 kilogr. et nommés condenseurs.

La tuyauterie forme neuf groupes destinés :

1° A conduire la vapeur d'eau dans le fond du bouilleur, puis la vapeur d'eau et les vapeurs carburées dans l'axe des fours au moyen d'un dispositif particulier, par lequel la vapeur se précipite d'un ajutage entouré du tuyau servant aux vapeurs combinées;

2° A mettre en communication le dessous des fours avec le bouilleur;

3° A mettre en communication les dômes des fours entre eux, avec l'atmosphère et avec les condenseurs;

4° A mettre en communication les condenseurs avec la chaudière.

La préparation s'accomplit ainsi, — ayant isolé complétement le premier four : — on ouvre simultanément l'arrivée de vapeur d'eau et des vapeurs carburées par le centre du four (il faut se rappeler que la créosote ou autre matière désignée ci-dessus est disséminée intimement, mais non vaporisée, au milieu de la vapeur d'eau). Les vapeurs carburées, entraînées par la vapeur d'eau, attaquent vivement et pénètrent le bois par toute sa surface; l'opération est commencée.

On ouvre les communications du four, du bouilleur et des condenseurs. Il s'établit une circulation continue des vapeurs ayant agi, et d'une partie de la séve condensée.

La pression s'élève de 4 à 6 kilogr. dans le four, une demi-heure après environ; elle y est maintenue à peu près le même

temps. Le bois alors se trouve complétement et suffisamment préparé pour la préservation des traverses, bois de construction, etc. ; l'albumine restant dans le bois est coagulé, l'acide phénique se trouve combiné.

L'opération du four suivant s'entame, en le faisant communiquer avec le four préparé pour équilibrer les pressions, et après l'isolement de ce dernier, en procédant comme ci-dessus.

Bien que la préparation ci-dessus soit la principale, on peut donner un supplément de préparation dans le cas des traverses, par exemple. Dans ce cas, on met, soit le dôme du second four, soit la chaudière en communication avec les condenseurs contenant de la créosote, etc., et de l'eau avec partie des produits de la condensation ; ce liquide, pressé par 3 à 6 kilogr. de pression, monte et baigne complétement les bois amollis ; il peut en pénétrer les surfaces et les aubiers, jusqu'à introduire 20 kilogr. de matières. L'appareil en question peut préparer cinq cents traverses quelconques par jour. Les bois sortent très-attendris, peuvent supporter des pressions, des moulages simples, des courbures. Ils durcissent rapidement et peuvent s'employer, pour la voie, quelques heures après leur sortie du four.

Lorsqu'on emploie la juste quantité d'huile lourde, etc., pouvant entrer en combinaison avec les composés du bois, ceux-ci ne sont pas profondément changés d'aspect et de teintes. Le bois devient plus dense, les pores sont plus serrés ; il est plus gras à scier et se polit plus facilement.

Il se passe une contraction moléculaire dans le temps qui suit l'opération ; mais, au bout de quelques semaines, les bois ne jouent plus sous l'influence de la température, et les pièces de bois durcissent à l'air et deviennent inattaquables à l'humidité. Les fibres sont plus résistantes dans les épreuves à la torsion, et les épreuves à l'arrachement indiquent une augmentation sensible.

Jusqu'à présent aucun réactif n'indique assez sensiblement la présence de l'acide phénique dans le bois ; du reste, celui-ci paraît combiné chimiquement.

En prolongeant les opérations on peut donner au bois des teintes foncées et uniformes, de façon à l'embellir et à assurer

sa préservation; mais celle-ci, pas plus complétement qu'en limitant l'opération au terme indiqué par la préparation des traverses.

Le prix de revient d'une traverse de la grande compagnie (cubant $0^{m},085$) comportant l'emploi de 2 kilogr. de créosote, est de $0^{f},60$, en comptant $0^{f},08$ à $0^{f},10$ en plus par kilogramme de matière, suivant les lieux d'emploi.

Comparée aux autres procédés, la préparation actuelle assure la préparation complète de tous les bois (chêne, hêtre, pins, etc.) avec un corps antiseptique par excellence, l'acide phénique, qui, ayant une plus grande affinité avec les composés du bois, se combine chimiquement avec ceux-ci.

Les qualités du bois, force des fibres, résistance à l'arrachement, sont augmentées.

L'opération pouvant s'accomplir sur des bois frais coupés, au besoin, est plus rapide que dans tout autre procédé.

Le moyen supplémentaire de préserver les aubiers par un bain à pression variable existe comme dans les autres procédés, et cela dans des conditions meilleures et avec moins de quantités de matières.

Les bois préparés peuvent s'employer dans la construction peu de mois après la préparation, qui peut suivre la coupe en forêt.

Le prix de préparation, fixé à $0^{f},60$ pour 2 kilogr., devient moins élevé que la préparation en vase clos au sulfate de cuivre ($0^{f},80$ environ), et surtout inférieur à l'emploi ordinaire de la créosote, qui ne peut s'évaluer à moins de $1^{f},50$ la traverse; la carbonisation était d'un prix inférieur ($0^{f},30$ la traverse environ).

Ce procédé peut préparer avantageusement les bois de traverses, de construction, de wagons, etc. L'emploi du hêtre peut se faire dans les bordages de navires.

Le pin des Landes et du Nord peut se comprimer et servir au pavage; enfin, les bois de hêtre, chêne, etc., convenablement teintés, peuvent faire des meubles (en plein) et ne jouant pas, après que l'odeur de préparation est suffisamment passée.

(*Annales industrielles.*)

Suppression des condensateurs
dans la télégraphie double.

M. Ailhaud vient d'imaginer un mode de télégraphie double en sens contraire, dans lequel la compensation des phénomènes d'induction s'effectue sans qu'il soit nécessaire de se servir d'accumulateurs quelconques d'électricité (condensateurs, bobines d'induction ou piles de polarisation). Ce système est donc absolument nouveau.

Les essais ont été faits à la station de Marseille sur les lignes de Marseille à Lyon, Marseille à Lyon et retour, et Marseille à Paris. Dans cette dernière expérience, Marseille travaillait sans condensateurs, et Paris avec l'arrangement décrit dans la présente livraison. Les transmissions obtenues ont été parfaitement correctes, et l'équilibre de l'appareil de Marseille n'a pas été troublé par les combinaisons les plus compliquées de la manipulation Hughes. Nous espérons pouvoir donner prochainement la description complète de cet ingénieux procédé, dont l'importance n'a pas besoin d'être signalée.

BULLETIN ADMINISTRATIF.

ADJUDICATIONS DU MATÉRIEL TÉLÉGRAPHIQUE EN 1877.

MATÉRIEL DE LIGNES AÉRIENNES.

Nos des lots.	Importance et composition des lots.	Noms et adresses des adjudicataires.	Prix : Élémentaires.	Prix : Totaux (par lot).	Prix : Totaux (par article).
		I. Fil de fer.			
1	200.000 kilogrammes de fil de 5m/m.	MM. Paul Jamin et Cie, rue Taitbout, n° 78, à Paris.	Par 100 kil. 40.96	81.920f,00	379.660f,00
2	100.000 id. 5m/m.		— 40.96	40.960,00	
3	150.000 id. 4m/m.		— 41.33	61.995,00	
4	100.000 id. 4m/m.		— 41.33	41.330,00	
5	50.000 id. 4m/m.		— 42.33	21.165,00	
6	50.000 id. 4m/m.		— 42.33	21.165,00	
7	50.000 id. 4m/m.		— 42.33	21.165,00	
8	100.000 id. 3m/m.		— 44.98	44.980,00	
9	100.000 id. 3m/m.		— 44.98	44.980,00	
		II, Consoles et Vis.			
1	50.000 consoles pour isolateurs à simple cloche.	M. Courtin-Cartier, à Raismes (Nord).	Par unité 0,343	17.150f,00	184.170f,00
2	40.000 id.		— 0,343	13.720,00	
3	30.000 id.		— 0,343	10.290,00	
4	30.000 id.		— 0,343	10.290,00	
5	50.000 consoles pour isolateurs à double cloche.	M. Barbazon-Jeunehomme, à Nouzon (Ardennes).	— 0,449	22.450,00	
6	40.000 id.		— 0,4487	17.950,00	
7	30.000 id.	M. Tiveyrat, au Puy (Haute-Loire).	— 0,50	15.000,00	
8	30.000 id.	M. Barbazon-Jeunehomme, à Nouzon (Ardennes).	— 0,4543	13.630,00	
9	15.000 consoles longues taraudées.	M. E. Dervaux, à Vieux-Condé (Nord).	— 0,85	12.750,00	
10	300.000 vis 33/90.	M. Ch. Degas, rue de Sèvres, n° 28, à Paris.	— 0,072	21.600,00	
11	200.000 id.		— 0,0729	14.580,00	
12	200.000 id.		— 0,0738	14.760,00	
		III. Isolateurs en porcelaine.			
1	50.000 isolateurs-arrêts à simple cloche.	MM. Ad. Hache et Pépin-Lehalleur frères, à Vierzon (Cher).	Par unité 0,2915	14.575f,00	140.717f,50
2	40.000 id.		— 0,2915	11.660,00	
3	30.000 id.	Mme ve N. J. de Fuisseaux, à Baudour (Belgique).	— 0,296	8.880,00	
4	30.000 id.		— 0,296	8.880,00	
5	25.000 id.		— 0,296	7.400,00	
6	50.000 isolateurs-arrêts à double cloche.	M. de Fenoyl, à Ste-Foy-l'Argentière (Rhône).	— 0,505	25.250,00	
7	40.000 id.	Mme ve de Fuisseaux, à Baudour (Belgique).	— 0,515	20.600,00	
8	30.000 id.		— 0,515	15.450,00	
9	30.000 id.	MM. Ad. Hache et Pépin-Lehalleur frères, à Vierzon (Cher).	— 0,5095	15.285,00	
10	25.000 id.		— 0,5095	12.737,50	

N. B. Chaque lot est livrable par moitié les 15 février et 15 mai 1878.

NUMÉROS des lots.	RÉSEAUX sur lesquels les fournitures sont livrées.	NOMS ET ADRESSES DES ADJUDICATAIRES.	DÉTAIL DES LOTS. Prix élémentaires.			TOTAUX.	
			6m.50	8 mèt.	10 mèt.	Nombre d'arbres.	Prix.
1	Est.	M. J. Ruhland, à Munster (Alsace).	5.000 7f,25	4.000 11f,20	300 14f,00	9.300	fr. 85.250
2	Est.	M. W. Le Maître, à Winterthur (Suisse).	3.000 6f,60	4.000 8f,70	»	7.000	54.600
3	Lyon.	M. W. Le Maître, à Winterthur (Suisse).	4.000 6f,50	4.500 8f,50	500 15f,00	9.000	71.750
4	Lyon réadjudication.	M. Lafay, rue des Remparts-d'Ainay, n° 7, à Lyon.	4.000 5f,94	4.000 7f,74	500 13f,50	8.500	61.470
5	Lyon.	M. A. Delmas, à Quillan (Aude).	4.000 7f,00	4.000 10f,00	200 15f,00	8.200	71.000
6	Midi.	M. L. Lamothe, à Bordeaux, quai de la Monnaie, n° 17.	2.500 5f,20	3.500 8f,00	»	6.000	41.000
7	Midi.	M. Beaumartin fils aîné, domaine du Puch, à Cestas (Gironde).	3.500 7f,45	2.300 7f,90	200 10f,50	6.000	39.345
8	»	Non adjugé.	»	»	»	»	»
9	Orléans.	MM. Beaumartin frères jeunes, rue de Pessac, n° 198, à Bordeaux.	4.000 5f,80	3.000 9f,00	200 11f,25	7.200	52.450
10	Orléans.	MM. Beaumartin frères jeunes, rue de Pessac, n° 198, à Bordeaux.	2.000 6f,25	3.000 9f,20	500 11f,95	5.500	46.075
11	»	Non adjugé.	»	»	»	»	»
12	Ouest.	M. L. Lamothe, à Bordeaux, quai de la Monnaie, n° 17.	2.000 6f,00	3.300 9f,45	200 14f,10	5.500	46.005
13	Nord.	MM. Carel frères et Fouché, au Mans (Sarthe).	2.000 6f,90	3.500 11f,40	500 15f,50	6.000	61.450
14	Nord.	M. Léglise (Jean), à Bayonne (Basses-Pyrénées).	2.000 8f,40	4.000 11f,40	500 16f,50	6.500	70.650
		Adjudication du 4 octobre 1877.					
1	Lyon ou Orléans.	M. le vicomte de Caste x, au château de Chauvillé (Alsace).	2.000	2.000	300	4.300	28.000
2	Nord.	MM. Carel frères et Fouché, au Mans (Sarthe).	2.000	3.500	500	6.000	61.250

MATÉRIEL DE LIGNES SOUTERRAINES.

Nos des lots.	IMPORTANCE et composition des lots.	NOMS DES SOUMISSIONNAIRES.	PRIX OFFERTS. Élémentaires.	PRIX OFFERTS. Par lot.	
	Câbles électriques (2 lots). — *Adjudication du 29 janvier* 1877.				
1	Comprenant 65 kilom. de câbles de divers modèles. . .	MM. Rattier et Ce.	»	108.870f,00	
		M. Matthew-Gray.	»	139.000 ,00	
		M. Menier, 7, rue du Théâtre, à Paris.	»	101.495 ,00	Adjudicataire.
2	Comprenant 55 kilom. de câbles de divers modèles. . .	MM. Rattier et Ce.	»	144.700 ,00	
		M. Matthew-Gray.	»	179.000 ,00	
		M. Menier.	»	130.195 ,00	Adjudicataire.
	Câbles électriques (3 lots). — *Adjudication du 4 octobre* 1877.				
1	Comprenant 145 kilom. de câbles de divers modèles. . .	MM. Rattier et Ce.	»	91.625f,00	
		M. Menier.	»	82.270 ,00	Adjudicataire.
2	Comprenant 85 kilom. de câbles de divers modèles. . .	MM. Rattier et Ce.	»	147.100 ,00	
		M. Menier.	»	132.055 ,00	Adjudicataire.
3	Comprenant 70 kilom. de câbles de divers modèles. . .	M. Menier.	»	160.869 ,25	
		MM. Rattier et Ce.	»	140.975 ,00	Adjudicataire.
	Bobines en tôle pour câbles. — *Adjudication du 29 janvier* 1877.				
lot unique.	Comprenant 150 bobines en tôle.	Compe des Forges de Châtillon et Commentry.	63f,63 les 100k	»	
		M. A. Driout.	59 ,90 —	»	Adjudicataire.
	Tuyaux et manchons en fonte pour lignes souterraines. — *Adjudication du 29 janvier* 1877.				
lot unique.	Comprenant 15.000 mèt. de tuyaux en fonte et 500 mèt. de manchons.	MM. Hardy, Rœchling et Ce, de Pont-à-Mousson.	18f,00 les 100k	»	Adjudicataire.
		M. A. Durenne.	18f,75	»	
		M. Chappée, du Mans.	21 ,00	»	

MATÉRIEL DE POSTE.

IMPORTANCE ET COMPOSITION des lots.	NOMS ET ADRESSES DES SOUMISSIONNAIRES.	PRIX OFFERTS. Élémentaires	PRIX OFFERTS. Par lot.	
	Adjudication du 29 janvier 1877.	Les 100 kil.		
30.000 kilogr. de sulfate de cuivre	MM. Drouin et Guilliot	61f,00		
	MM. Achille Thomas et Cie	61 ,55		
	M. Charles Delesalle	62 ,90		
	M. Arnette (Alexandre)	63 ,00		
	MM. Camus frères, Neppel et Cie, rue Barbette, 2, à Paris.	60 ,00		Adjudicataires.
	Adjudications du 4 octobre 1877.	Par 1.000 kil.		
15.000 kilogr. de papier-bande, livrables en 1878	MM. Zuber, Riéder et Cie, de Rixheim (Alsace)	1.263f,00		Adjudicataires.
	MM. Canson et Montgolfier	1.290 ,50		
150.000 kilog. de papier-bande, livrables en 1878, 1879, 1880.	MM. Zuber, Riéder et Cie	1.283 ,00		Adjudicataires.
	MM. Canson et Montgolfier	1.345 ,00		
600 récepteurs du système Morse, divisés en trois lots égaux	M. Bréguet (pour les trois lots) par lot		39.000f,00	
	M. Deschiens		36.000 ,00	
	MM. Digney frères et Diverneresse		35.000 ,00	
	M. P. Dumoulin-Froment (pour deux lots). par lot		34.900 ,00	
	MM. Martin E. et Sauteur frères (pour un lot)		31.499 ,00	Adjudicataires.
	Les mêmes (pour un autre lot)		32.499 ,00	Adjudicataires.
	Les mêmes (pour le troisième lot)		33.499 ,00	
	M. A. Postel-Vinay (pour un lot)		32.891 ,25	Adjudicataire.

La Télégraphie dans les Pays-Bas en 1876.

(Extrait d'un document communiqué par le Département des affaires étrangères.)

Bureaux. — Il existait au 1er janvier 1877, dans les Pays-Bas, 335 bureaux des télégraphes dont 162 pour le service de l'État et 173 pour le service d'entreprises particulières ouverts au public.

Sur les 162 bureaux de l'État, 85 servaient en même temps de bureaux de poste.

Il existait aussi 12 bureaux auxiliaires pour faciliter le service dans les grandes villes. Amsterdam seul possède 7 bureaux auxiliaires en communication avec la station centrale.

Lignes. — La longueur du réseau télégraphique néerlandais est de 3.470 kilomètres, dont 3.295 kilomètres de lignes aériennes, 59 kilomètres de lignes souterraines et 116 kilomètres de câbles submergés.

Les lignes souterraines comprennent 28.913 mètres de tuyaux en fer, 20.237 mètres de tuyaux d'asphalte ou de bitume, 2.753 mètres de tuyaux en poterie et 7.353 mètres de câbles.

La longueur totale des fils employés est de 12.666 kilomètres.

Appareils. — L'administration fait usage de 376 appareils Morse, 19 appareils Hughes et 2 appareils Meyer, qui fonctionnent au moyen de 12.805 couples ou éléments.

Poteaux : Carbonisation par le procédé Bourseul. — Les poteaux télégraphiques sont, avant que l'on en fasse usage, injectés d'une dissolution de sulfate de cuivre. On avait toutefois constaté que, malgré cette précaution, la partie des poteaux enfoncée dans la terre se détériorait assez rapidement. On remédiait à cet inconvénient en carbonisant par la flamme la partie du poteau à préserver. Cette carbonisation toute superficielle ne remplissait qu'imparfaitement le but qu'on s'était proposé. On a recours aujourd'hui, pour la conservation des poteaux, au procédé de carbonisation de Bourseul (*). Ce procédé consiste à imprégner la partie du poteau à carboniser

(*) Voir *Annales*, t. II, p. 144.

d'eau acidulée par l'acide sulfurique (1 partie d'acide pour 6 parties d'au), le bois est ensuite soumis à une chaleur modérée et graduelle, sans être mis en contact avec la flamme, comme dans le procédé ordinaire. L'acide, en se vaporisant, pénètre dans les fibres du bois et en assure la conservation.

On commence à faire usage de poteaux en fonte qui donnent de bons résultats.

Piles au charbon. — L'administration a renoncé à la pile de Daniell qui n'avait qu'une durée restreinte, était très-coûteuse et, de plus, sujette à de fréquentes altérations. On l'a remplacée par la pile de Leclanché qui fournit un courant électrique d'une intensité constante et d'une régularité parfaite. Le manganèse est un des éléments constitutifs du couple de Leclanché. Il sert à prévenir la polarisation qui se produit généralement par suite de la décomposition du zinc par la liqueur acide sous l'influence du courant électrique. On avait toutefois remarqué que les circonstances dans lesquelles le manganèse devrait, par la réaction chimique, céder son oxygène pour se combiner avec l'hydrogène devenu libre, étaient loin d'être favorables, et que par suite on ne pouvait prévenir la polarisation dans les couples dont le vase poreux était rempli en partie de charbon calciné et de manganèse. On a de plus constaté que le manganèse, mélangé au charbon calciné dans les vases poreux, se trouvait en même quantité et n'avait subi aucune altération appréciable au bout de deux années d'usage. Or, du moment que le manganèse ne remédie pas aux inconvénients que son usage doit prévenir, sa présence dans les vases poreux est donc plutôt nuisible qu'utile, et peut donner naissance à des courants incidents de nature à entraver l'action régulière des piles.

Des expériences nombreuses et prolongées auxquelles on s'est livré, il résulte que les couples Leclanché sans manganèse fonctionnent aussi bien, sinon mieux, que ceux dans lesquels ce métal a été mélangé au charbon calciné.

La plupart des bureaux des télégraphes possèdent aujourd'hui des couples Leclanché sans manganèse dont on est très-satisfait; aussi l'administration est-elle décidée à faire subir cette modification à tous les couples qu'elle emploiera, ce qui

lui permettra de réaliser une notable économie sur les frais d'entretien des piles.

La durée moyenne des couples en usage tend constamment à s'accroître; elle est actuellement de 777 jours.

Les cylindres ou plaques de charbon calciné employés dans les couples sont enduits de paraffine pour prévenir les incrustations et en prolonger la durée.

Appareils Meyer.—Deux appareils du système Meyer (français) pour la transmission simultanée de quatre dépêches par le même fil ont été adoptés par la correspondance entre Amsterdam et Rotterdam. 156.175 dépêches ont été échangées entre ces deux stations au moyen de ces appareils pendant l'année 1876. Le 15 novembre dernier, une bourrasque accompagnée de verglas ayant renversé les poteaux et rompu les fils sur un long parcours, il n'est resté qu'un seul fil pour les communications entre ces deux villes. Les appareils Meyer ont, ce jour-là, fonctionné sans interruption pendant 12 heures et ont transmis 1.100 dépêches.

De l'avis du directeur des télégraphes de Rotterdam, l'appareil Meyer offre de grands avantages au double point de vue de la rapidité et de la régularité des communications, et il en propose l'adoption dans tous les centres importants de correspondance télégraphique.

Taxes. — La taxe des dépêches télégraphiques à l'intérieur des Pays-Bas est de 30 cents (60 centimes pour 20 mots) et de 15 cents (31 centimes et demi) par dix mots en sus.

La taxe des cartes télégraphiques est de 20 cents (42 centimes); ces dernières ne peuvent contenir plus de 10 mots.

La Télégraphie au Chili.

(Extrait du rapport de M. Rumbold, ministre de la Grande-Bretagne à Santiago.)

La ligne télégraphique transandine de MM. Clark, qui fonctionne depuis quelques années, est une œuvre dont tout pays pourrait être fier à juste titre. Les fils télégraphiques traversent les montagnes sur des piliers de pierre, et sont placés

sous terre dans les endroits les plus exposés. Le Chili, qui correspondait déjà avec Buenos-Ayres et Montevideo au moyen de cette ligne, a été encore mis en communication télégraphique non interrompue avec l'Europe en août 1874, par suite de l'achèvement du câble du Brésil et du Rio de la Plata; mais le tarif des dépêches par cette voie est si élevé que l'on ne s'en est pas généralement servi jusqu'à présent, et la presse chilienne n'a pas fait preuve d'un esprit suffisamment entreprenant dans le but de se procurer des nouvelles d'Europe d'une manière régulière. Le public de ce pays éloigné se contente des cotes fréquentes qu'il reçoit de Liverpool sur les prix des cuivres, du blé et du nitrate, et compte, pour les nouvelles politiques et générales, sur les télégrammes de Montevideo, qui lui sont apportés de l'autre côté, une fois tous les quinze jours, par les steamers de la ligne du détroit. Caldera, sur la côte chilienne, a été tout récemment mise en communication avec Callao et Lima, par un câble sous-marin, mais les télégrammes de Caldera à la capitale du Chili sont toujours transmis par une ligne de terre, très-inférieure, qui passe par le désert d'Atamaca. La compagnie anglaise qui a posé le câble a offert, moyennant certaines conditions, de le continuer de Caldera jusqu'à Valparaiso, mais sa proposition a été rejetée récemment au Congrès, quoiqu'elle soit sûre d'être adoptée dans une forme modifiée, à la session prochaine.

Lorsque le câble aura été posé plus au nord de Payta à Panama, le Chili aura une ligne double de communication directe avec le continent nord-américain et l'Europe.

Les lignes télégraphiques fonctionnant dans tout le pays en 1874 mesuraient 2.515 kilomètres.

La Télégraphie dans la République Argentine.

(Extrait du rapport de l'inspecteur général des télégraphes au directeur général des postes et télégraphes de la République Argentine.)

Mouvement des dépêches télégraphiques durant l'année 1876.

Lignes de l'État. Nombre de dépêches.	privées. . .	229.031	276.133
	officielles. .	47.102	
Autres lignes (militaires, transandines, chemins de fer, etc.). .			255.653
			531.786

Il y a 8.846 kilomètres de lignes télégraphiques, dont 4.283 de lignes nationales, 378 de lignes militaires et 992 transandines. Le reste se compose des lignes de divers Etats et chemins de fer.

Comparaison avec les autres natians.

ÉTATS.	POPULATION.	TÉLÉGRAMMES en 1876.	NOMBRE d'habitants par télégramme.
Angleterre.	33.450.237	20.766.277	1,61
Etats-Unis.	38.558.371	16.687.829	2,21
France.	36.102.921	6.550.623	5,52
Italie.	27.482.174	5.208.842	5,27
Espagne.	16.262.426	937.845	17,34
Chili.	2.067.280	270.190	7,65
Républ. Argentine. .	2.300.000	531.786	4,32

Ce tableau montre que, quoique nous ne connaissions le télégraphe que depuis peu d'années, nous en faisons plus d'usage que beaucoup d'autres nations qui occupent un rang élevé entre les plus civilisées, telle que la France.

En effet, la proportion de 4,32 habitants par télégramme montre que, sous ce rapport, nous avons devancé la France, l'Italie, l'Espagne et le Chili, et que la République Argentine n'a au-dessus d'elle que l'Angleterre et les États-Unis.

Le tableau suivant montre à combien d'habitants correspond un kilomètre de ligne télégraphique :

ÉTATS	POPULATION.	EXTENSION des lignés en kilomètres.	HABITANTS par kilomètres de ligne.
Angleterre.	33.450.237	41.834	802
Etats-Unis.	38.558.371	116.031	332
France.	36.102.921	53.045	680
Italie.	27.482.174	21.690	1.271
Espagne.	16.262.426	12.020	1.352
Brésil.	9.930.478	5.151	1.927
Chili.	2.067.280	4.265	484
Républ. Argentine. .	2.300.000	8.846	260

Cela veut dire que dans la République Argentine à chaque groupe de 260 habitants correspond un kilomètre de ligne télégraphique dont ils ont dû, en majeure partie, supporter les frais de construction, tandis que d'autres pays, comme les États-Unis, la France, l'Angleterre, etc., ont respectivement 332, 680, 802 habitants pour un kilomètre de ligne.

Les lignes télégraphiques sont très-étendues dans la République Argentine; mais aussi son territoire est immense. A combien de kilomètres d'étendue correspond un kilomètre de ligne? C'est ce que nous montre le tableau suivant :

ÉTATS.	ÉTENDUE territoriale en kilomètres.	ÉTENDUE des lignes télégraphiques en kilomètres.	PROPORTION entre les kilomèt. d'étendue territoriale et ceux d'étendue des lignes.
Angleterre.	314.951	41.834	7,52
Etats-Unis.	7.659.621	116.031	66,00
France.	528.576	53.045	9,96
Italie.	296.322	21.609	13,71
Espagne.	494.946	12.020	41,17
Brésil.	8.337.218	5.151	1.618,00
Chili.	328.060	4.265	76,90
Républ. Argentine. .	4.195.519	8.846	473,00

Assurément ce tableau n'est pas d'une exactitude parfaite, mais il est assez approximatif.

Mon principal objet dans ce court mémoire est de jeter les bases de la statistique télégraphique qui doit se faire tous les ans, pour que nous nous connaissions nous-mêmes, et que nous nous fassions connaître à l'étranger.

C'est dans la statistique qu'est renfermé le *connais-toi toi-même*.

Service télégraphique de la Nouvelle-Calédonie.

(Extrait d'une notice par M. Lemire, chef de service.)

Bureaux. — Le bureau de Thio a été ouvert le 8 février 1877.

Les bureaux projetés sont ceux de

Pont des Français.	De Kuto à Gadji (île des Pins).
Baie du Sud.	Gouarô.
Poro, Kua, Kuaua.	Coétempoé.

Lignes. — Le tracé du réseau complet part de Nouméa, passe par la Dumbéa, Païta, Cocétolocoa, Coétempoé, Tomo, Bouloupari, Thio, Canala, Kuaua, Méré, Houaïlou, Wagap, Touo, Hienguène, Ouaïème, Oubatche, Pouébo, Balade, Oégoa, le Caillou, Balaboum, Manghine, Koumak, Gomen, Gatope, Koné, Muéo, Poya, Bourail, Moindou, Ouaraï, et revient, par Uaraï, Bouloupari, Païta, à Nouméa.

Les lignes projetées sont celles de

Nouméa — Baie du Sud.	Bouraï — Gouaro.
Païta — Coétempoé.	Houaïlou — Poro.
Uaraï — La Foa.	Ile des Pins : de Kuto à Gadji.

Correspondance avec la France et les autres pays. — Le réseau électrique français n'est relié qu'indirectement avec l'Océanie par l'intermédiaire des Indes néerlandaises et de l'Australie.

Ainsi, Paris communique avec les Indes néerlandaises (Java et Sumatra :

1° Par les Indes, câble de Singapore à Batavia;

2° Par Vladivostock, câble de Vladivostock à Singapore et Batavia,

Et avec l'Australie, par le câble de Banjoëvangie (Java) et Port-Darwin. Une ligne terrestre de 1.800 milles relie ce point à Port-Augusta, à 212 milles au-dessus d'Adélaïde.

Les dépêches partant de Sydney sont dirigées, par Port-Augusta, Port-Darwin, Java, Singapore, Penang, Madras, Calcutta, Kurrachee (sur l'Indus), Guadour, Mussendom (Béloutchistan), Bushire, Faô (golfe Persique), Bussora (sur l'Euphate),

Bagdad (sur le Tigre), Mossoul, Diarbékir, Scutari, Constantinople, Vienne, la Suisse ou l'Italie, sur Paris;

Ou par Madras, Bombay, Aden, Suez, Alexandrie, Malte, Bône, Marseille (c'est la voie normale);

Ou, enfin, par la voie russe de Vladivostock et la Sibérie.

La différence d'heure à Sydney est de 9h 55′ 29″ sur Paris, de 9h 00′ 49″ sur Naples, et de 10h 5′ 13″ sur Londres.

Distance d'Europe en Australie. — Les distances d'Angleterre en Australie par le fil électrique sont les suivantes, en milles marins:

	milles
De Londres à Falmouth (ligne terrestre)	368
De Falmouth à Gibraltar (câble sous-marin)	1.250
De Gibraltar à Malte (câble sous-marin)	981
De Malte à Alexandrie (câble sous-marin)	819
D'Alexandrie à Suez (ligne terrestre)	221
De Suez à Aden (câble sous-marin)	1.308
D'Aden à Bombay (câble sous-marin)	1.664
De Bombay à Madras (ligne terrestre)	600
De Madras à Penang (câble sous-marin)	1.213
De Penang à Singapore (câble sous-marin)	301
De Singapore à Batavia (câble sous-marin)	560
De Batavia à Banjoëvangie (ligne terrestre)	480
De Banjoëvangie à Port-Darwin (câble sous-marin)	970
De Port-Darwin à Port-Augusta (ligne terrestre)	1.800
De Port-Augusta à Adélaïde (ligne terrestre)	212
Total	12.750

L'Australie est maintenant reliée au monde entier, sauf le sud de l'Afrique; mais le réseau télégraphique que possède le Cap va s'embrancher sur le câble projeté de Maurice à Ceylan.

La ligne du Cap à Aden ou Ceylan aura des stations à Port-Élisabeth (cap de Bonne-Espérance), Urban (Port-Natal), Port-Louis (île Maurice), Saint-Denis (île de la Réunion) et Aden ou Ceylan.

D'autre part, les lignes de Para à Cayenne et Demarara, et de la Trinidad à Sainte-Croix et Porto-Ricco, ayant complété celles de Pernambouc, Rio-Janeiro, Sainte-Catherine, Rio-Grande du Sud, Montevideo, Buenos-Ayres et Valparaiso, l'Amérique du Nord est reliée directement au Brésil et aux

Indes occidentales La jonction entre les deux Amériques est donc complète. En outre, San Francisco doit être mis, d'ici trois ans, en communication électrique avec le Japon, par les Sandwich et à travers l'océan Pacifique. Le jour est proche où le globe entier sera entouré d'un circuit électrique complet. Espérons que notre petite île calédonienne, isolée au milieu de ces vastes espaces, ne restera pas en dehors de ce réseau bienfaisant qui rattache si étroitement les colonies à la mère-patrie.

Actes de probité et de dévoûment.

Dans la soirée du 31 août dernier, le facteur Perrot, du bureau de la rue de Strasbourg à Paris, a trouvé dans la salle d'attente un portefeuille contenant 1.000 francs : il s'est empressé de le rendre à son propriétaire, M. de Tedesco, 8, rue Vezelay.

Le 6 septembre, M. Hamon, surnuméraire de la station de Saint-Malo, a sauvé un enfant qui était tombé dans le bassin du port de Saint-Servan. L'enfant venait de disparaître, lorsque M. Hamon, n'écoutant que son courage, se jeta tout habillé dans la mer et réussit à le tirer sain et sauf. L'acte de dévouement accompli par M. Hamon (qui n'en est pas à son premier sauvetage et qui est déjà titulaire d'une médaille) est d'autant plus méritoire, qu'il relevait à peine d'une longue maladie.

On lit dans *la Gazette de Neuilly et de Courbevoie* du dimanche 7 octobre 1877 :

Levallois, mardi 2 octobre. — « Dans la soirée, un cheval que l'on venait de dételer d'une voiture de déménagement courait à fond de train dans la rue de Courcelles. Une personne avait déjà voulu l'arrêter au coin de la rue Chevallier, mais n'avait pu y réussir. M. Lauterbornn, facteur au télégraphe, voyant le danger qu'il pouvait y avoir pour les passants, se précipita à la tête de l'animal et parvint, après s'être fait traî-

ner pendant une dizaine de mètres, à le maîtriser. On ne saurait trop louer cet acte de dévouement. »

Le 27 octobre courant, le surveillant Grenier trouva un billet de banque de 1.000 francs sur la voie du chemin de fer d'Orléans, entre Choisy-le-Roi et Ablon. Il s'est empressé d'en effectuer le dépôt entre les mains du commissaire spécial de surveillance à la gare de Paris.

PERSONNEL.

PROMOTIONS ET MUTATIONS.

MM. Ziégler.	Sous-Inspecteur. . . .	de Besançon.	à Nancy.
Dalton.	Chef de tr. pp. de 1re cl.	Marseille.	Paris.
Laval.	Commis principal. . .	Paris.	Bar-le-Duc.
Maillard.	*Id.* . . .	Paris.	Chartres.

Promotions.

Sous-inspecteur.

M. Sanson.

Chefs de transmission principaux de 1re classe.

MM. Sureau. | MM. Perraver.
Bénard. | Chousserie.

Chefs de transmission principaux de 2e classe.

M. Gillet. | M. Berthélemy. | M. Loyez.

Chefs de transmission de 1re classe.

MM. Anselmier. | MM. Chalendar. | MM. Mathet.
Simonin | Faugaret. | Mac-Auliffe.

Chefs de transmission de 2e classe.

MM. Cabarat. | MM. Evrard. | MM. Fourquier.
Prud'homme. | Eyband. | Moner (Charles).

Commis principaux.

MM. Simon (Albert). Caron. | MM. Coronat. | MM. Malfré. | MM. Gouillart.

Employés de 2e classe.

M. Guette. | M. Baudot.

Employés de 3e classe.

M. Dabadie.

Employés de 4e classe.

M. Martin (Eugène). | M. Brien (Joseph).

Employés de 5e classe.

MM.
Huard.
Gazeau.
Orlanducci.
Richard.
Debacque.
Gossinat.
Riou.
Quéré.
Piaux.
Meignin.
Picault.
Chardon.
Duron.
Morel.
François.
Paquet.
Courcault.
Chutry.
Muffat-Jeandet.
Vinet.
Martinet.
Loiseau.
Pourrieux.
Rolland.
Founade.
Pouzergues.
Manchier.
Salomon.
Fourmentraux.
Valette.
Chevalier.
Tachot.
Patry.
Fèvre.
Bourbon.
Legendre.
Brunet.
Chalopin.
Jacob.
Daval.

MM.
Thomas.
Forestier.
Pléau.
Barrau.
André.
Giraud.
Guyon.
Lagrave.
Leroux.
Peiran.
Le Goupil.
Jacob.
Marotte.
Bascou.
Thomas.
Dumas.
Constans.
Chopinet.
Ravier.
Despierres.
Méliot.
Verstaevel.
Romieux.
Baillères.
Cadrès.
Cailland.
Durand.
Rebuffat.
Pasquier.
Damotte.
Ménélon.
Carreau.
Humbert.
Courtois.
Blanc.
Golbéry.
Dupeux.
Lemmet.
Texier.
Munier.

MM.
Bruand.
Sibot.
Borgela.
Dubourdieu.
Laplesse.
Buisson.
Laguinier.
Desoignies.
Massalve.
Vousge.
Jacquemet.
Bonal.
Castaignède.
Morvan.
Chamoin.
Le Bourgeois.
Clerbout.
Metzelard.
Berger.
Jacob.
Défournel.
Montalescot.
Guimbard.
Bouty.
Chavaribert.
Giess.
Jeanmaire.
Chassande-Baroz.
Terrasson.
Mounet.
Jandot.
Rogier.
Ladet.
Gout.
Duyme.
Nicolas.
Marland.
Canchy.
Azibert.
Ballion.

MM.
Roussel.
Musnier.
Bonzom.
Guyon.
Périchost.
Gauthier.
Cousin.
Banville.
Jacob.
Terrusse.
Ménager.
Pommeur.
Panzani.
Borgard.
Foix.
Danonville.
Phulpin.
Lurienne.
Kloster.
Bonnelle.
Buffat.
Floch.
Legendre.
Jardin.
Sompayrac.
Poncelet.
Candevaux.
Brunellière.
Menvielle.
Huet.
Guillot.
Roubaud.
Gaudemard.
De Coulgeans.
Dewynter.
Loubet.
Claude.
Zion.
Damongeot.
Clavé.

Mutations.

1° *En France.*

MM.	Faure........	Inspecteur....... de	Gap.......	à Paris.
	Gaillard......	Sous-Inspecteur....	Paris......	Gap.
	Robert.......	Chef de transm. pp^{al}..	La Rochelle...	Brest.
	Paute-Lafaurie...	*Id.*	Paris......	Nevers.
	Rémond......	*Id.*	Rodez......	Béziers.
	Bazin........	Chef de transmiss...	Béziers.....	Marseille.
	Boutiron......	*Id.*	Cognac.....	La Rochelle.
	Houlié.......	*Id.*	Elbeuf......	Rodez.
	Davignon......	*Id.*	Remiremont...	Lille.
	Parizot.......	*Id.*	Brives......	Elbeuf.
	Garnier.......	Commis principal...	Limoges.....	Cognac.
	Cartier......	*Id.*	Nantes......	Neufchâtel.
	Winterer......	*Id.*	Bar-le-Duc....	Remiremont.
	Dumas.......	*Id.*	Lyon.......	Brives.

2° *Entre la France et les colonies.*

MM.	Lotz........	Employé....	de Paris......	à la Nouvelle-Calédonie.
	Terrillion.....	*Id.*	de Paris......	à la Nouvelle-Calédonie.
	Le Must......	*Id.*	de Lille......	en Cochinchine.
	Lambert......	Surnuméraire..	de Paris......	en Cochinchine.

TABLE DES MATIÈRES.

TOME IVᵉ. — ANNÉE 1877.

Numéro de Janvier-Février.

Numéro de Mars-Avril.

Numéro de Septembre-Octobre.

Numéro de Novembre-Décembre.

TABLE ALPHABÉTIQUE ET SIGNALÉTIQUE
DES MATIERES.

TOME IV. — ANNÉE 1877.

J

L

M

N

O

P

Le Gérant : Dunod. — Imprimerie Arnous de Rivière, 26, rue Racine.

PL.I.

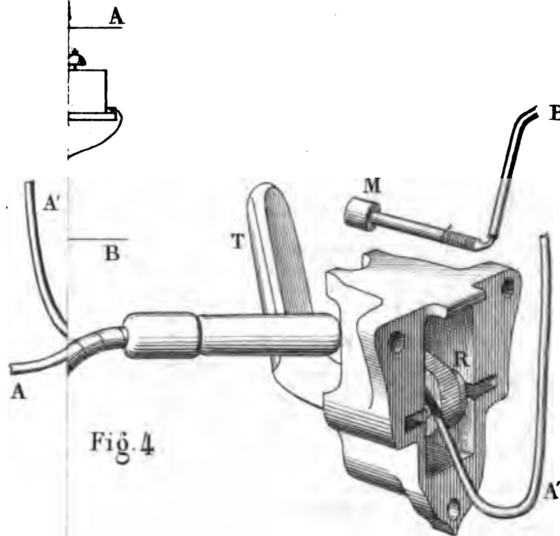


Fig. 4

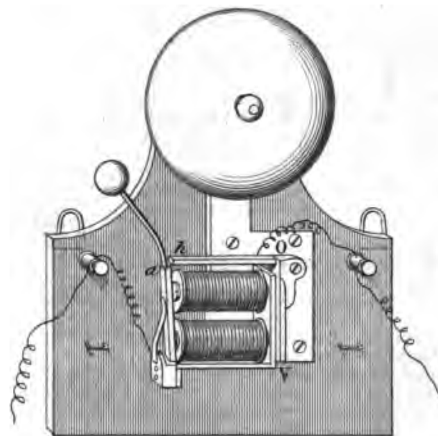


Fig. 6.







